# டெரிடோ ஃபைட்டா ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் & தொல்தாவரவியல்

## பகுதி - 2






முனைவர் கு.வி. கிருஷ்ணமூர்த்தி




தமிழ்நாடு மாநில உயர்கல்வி மன்றம்
காமராசர் சாலை, சென்னை - 600 005.

# டெரிடோஃபைட்டா, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், தொல்தாவரவியல்
## பகுதி – II

முனைவர் கு.வி. கிருஷ்ணமூர்த்தி




தமிழ்நாடு மாநில உயர்கல்வி மன்றம்
சென்னை – 600 005.

முதற் பதிப்பு : 2011

பதிப்புரிமை : தமிழ்நாடு மாநில உயர்கல்வி மன்றம்
சென்னை – 600 005

நூலின் பெயர் டெரிடோஃபைட்டா, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள்,
தொல்தாவரவியல் பகுதி – II

நூலாசிரியர் மற்றும் மறு ஆய்வு செய்தவர் : முனைவர் கு.வி. கிருஷ்ணமூர்த்தி,
வருகைதரு பேராசிரியர், உயிரியல் பள்ளி,
பாரதிதாசன் பல்கலைக்கழகம்,
திருச்சிராப்பள்ளி – 620 024

தமிழ் திருத்தம் செய்தவர் : முனைவர் தில்லை நாயகி,
தமிழ்த் துறை,
வெலிங்டன் சீமாட்டி கல்வியியல் கல்லூரி,
சென்னை – 600 005.



விலை : ரூ.77.00

அச்சிட்டோர் : சென்னை அச்சக தொழிற் கூட்டுறவு சங்கம் லிட்.,
#6, பாரதி சாலை (பைகிராப்ட்ஸ் ரோடு),
திருவல்லிக்கேணி,
சென்னை 600 005.
தொலைபேசி எண். 28446287

# உள்ளடக்கம்

## பகுதி – II

# பகுதி - II

# ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் (GYMNOSPERMS),

# தொல் தாவரவியல் (PALAEOBOTANY)

# I. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் பொதுப் பண்புகள்

விதைத் தாவரங்கள் இரண்டு பெரிய தொகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன: **ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள்** (Gymnosperms), **ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள்** (Angiosperms). இந்தப் பாகுபாடு, மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறும் நிலையில் சூல் ஒரு பாதுகாப்பு உறையால் (அதாவது, சூலக உறையால்) மூடப்படாமல் உள்ளதா அல்லது மூடப்பட்டுள்ளதா என்பதன் அடிப்படையில் மேற்கொள்ளப்பட்டதாகும். ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் சூல்கள் மூடப்படாதவை. அதாவது, சூல்கள் வித்திலை அல்லது அதற்குச் சமனான அமைப்பில் நேரடியாக தாங்கப் பெற்று, மூடப்படாமல் காணப்படுகின்றன. ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் ஒன்றையொன்று தழுவிய வித்திலைகளாலோ செதில் இலைகளாலோ சூல்கள் பாதுகாக்கப்படலாம் என்றாலும் மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறும் தருணத்தில் அவை முழுவதும் வெளிப்படுத்தப்பட்டுக் காணப்படுகின்றன. ஆஞ்சியோஸ் பெர்ம்களில், சூல்கள் ஒரு சூலகத்திற்குள் வளர்ச்சியடைகின்றன. மூடப்படாத சூல்களுக்கும், மூடப்பட்ட சூல்களுக்கும், பின்னால் அவற்றிலிருந்து வளர்ச்சியடையும் முறையே மூடப்படாத விதைகளுக்கும், மூடப்பட்ட விதைகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடு மிகச் சிறப்பான முக்கியத்துவம் பெற்ற பண்பாகும்.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் வேறு சில சிறப்புப் பண்புகள் பின் வருமாறு: செடி போன்ற வளர்ப்பண்பினை எந்த ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரமும் பெற்றிருப்பதில்லை; அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் மரங்களாகவோ, குறு மரங்களாகவோ, மரத்தன்மை (arborescent) கொண்ட மரக்கொடிகளாகவோ (lianes) காணப்படுகின்றன. அனைத்துத் தாவரங்களும் பல காலம் செயல்படக் கூடிய ஆணிவேரைப் பெற்றுள்ளன. சைலம் திசுவில் டிரக்கீடுகள், பாரங்கைமா, ரே திசுக்கள் போன்றவை காணப்படுகின்றன; இதற்கு விதிவிலக்காக சைலத்தில் வெசல் அங்கங்களைப் பெற்று *நீட்டம், எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா* ஆகிய மூன்று ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் மட்டும் திகழ்கின்றன. இந்த வெசல் அங்கங்கள் குழியுற்ற டிரக்கீகளிலிருந்து (ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் ஏணித் தடிப்பு கொண்ட டிரக்கீடுகளிலிருந்து) பரிணாம வளர்ச்சி வழி தோன்றியவையாகும். (மேலும் அதிக விவரங்களுக்கு காண்க பக்கம் ..). ஃபுளோயம் திசுவில் சல்லடைச் செல்கள் மட்டுமே

(சல்லடை குழாய் அங்கங்கள் காணப்படுவதில்லை) காணப்படுகின்றன; சல்லடைப் பரப்புகள் பொதுவாக செல்லின் ஆர செல் உறைகளில் அதிக அளவில் காணப்படுகின்றன; ஒரு சல்லடைச்செல் மற்றொரு சல்லடைச் செல்லோடு ஒன்றையொன்று தழுவியமைந்து மேற்பொருந்தி காணப்படுகின்றன; துணை செல்கள் (companion cells) காணப்படுவதில்லை. இரண்டாம் நிலை வளர்ச்சி அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் காணப்படுகின்றது, அதாவது, வாஸ்குலக் கேம்பியம் செயல்பட்டு இரண்டாம் நிலை சைலமும், ஃபுளோயமும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. மகரந்தப்பைகளில் எக்சோதீசியம் (exothecium) என்ற வெளியுறை அடுக்கு காணப்படுகிறது. மகரந்தத்தூள்கள் அதிக எண்ணிக்கையில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவை சூலின் சூல் திசுவின் (nucellus) மகரந்தச் சேர்க்கையின் போது நேரடியாக படிகின்றன. ஆண் கேமீட்டகத் தாவரத்தில் புரோதாலியச்செல்கள் (Prothallial cells) உண்டாக்கப்படுகின்றன. சூல்கள் ஒருறை (unitegmic) கொண்டவை; நேரமைவகை (orthrotropous) சார்ந்தவை. பெண் கேமீட்டகத் தாவர வளர்ச்சியின் போது ஒரு நீண்ட, செல் சுவர் தொடரா உட்கருப் பகுப்பு (free nuclear division) நிலை காணப்படுகிறது; மகரந்தச் சேர்க்கைக்கும் கருவுறுதலுக்குமிடையே ஒரு நீண்ட கால இடைவெளி காணப்படுகிறது. முன் கரு (Proembryo) வளர்ச்சியின் போதும் தொடக்கத்தில் ஒரு செல் சுவர் தொடரா உட்கருப் பகுப்பு நிலை காணப்படுகிறது. வளரும் கருவைச் சுற்றி ஒரு ஒற்றை மடிய ஊட்ட, சேமிப்புத் திசு (அதாவது, பெண் கேமீட்டகத் தாவரத்திசு) காணப்படுகிறது. எண்டோஸ்பெர்ம் (endosperm) காணப்படுவதில்லை.

## II. தோற்றமும் பரிணாம வளர்ச்சியும்

### 1. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களுக்கும் டெரிடோஃபைட்களுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகள்

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் டெரிடோஃபைட்களிலிருந்து தோன்றிய தாவரத் தொகுப்புகள் என்று பொதுவாகக் கருதப் படுகின்றன. எனவே, முதலில் டெரிடோஃபைட்களுக்கும் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களுக்கும் இடையே காணப்படும் ஒத்த பொதுப் பண்புகள் பற்றி அறிந்து கொள்ள வேண்டும்.

(i) பொதுவாக வேர்கள், தண்டுகள், இலைகள் என்று வேறுபாடுற்ற, தனித் தன்மையாக வாழும், வித்தகத் தாவரம் ஒன்றை இரண்டு தொகுதித்தாவரங்களும் பெற்றுள்ளன.

(ii) நன்கு வளர்ச்சியடைந்த வாஸ்குலத் திசுவை இரண்டு தொகுதித்தாவரங்களும் பெற்றுள்ளன; உண்மையான வெசல்கள் (ஒரு சில தாவரச் சிற்றினங்களைத் தவிர) அனைத்துக் சிற்றினங்களும் பெற்றிருப்பதில்லை; ஃபுளோயம் திசு துணைச் செல்களற்றவை.

(iii) பெண் கேமீட்டகத் தாவரத்தின் பாலுறுப்பாக ஆர்க்கிகோனியம் காணப்படுகின்றது.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் டெரிடோஃபைட்களைவிட ஒரு சில முக்கியமான முன்னேற்றப் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன. அவையாவன:

(i) ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் தொடர்ந்து வளரக் கூடிய, நீண்ட காலம் செயல்படக் கூடிய, தாவரத்தை மண்ணில் நன்கு நிலை நிறுத்தக் கூடிய ஒரு ஆணி வேர்த் தொகுதி காணப்படுகிறது. ஆனால், டெரிடோஃபைட்களில் பெரும்பாலும் வேர்கள் வேற்றிட வேர்களாக (adventitious roots) காணப்படுகின்றன

(ii) ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் தம்முடைய தண்டில் ஒரே ஒரு ஸ்டீல் (stele) தொகுதியைக் கொண்டவை; இந்த ஸ்டீல், யூஸ்டீல் (eustele) வகையைச் சார்ந்தது. ஆனால், டெரிடோஃபைட் தாவரங்களின்

ஸ்டீல் பல்வகைப்பட்டவை – புரோட்டோஸ்டீல், ஆக்டினோஸ்டீல், சைஃபனோஸ்டீல், சொலினோஸ்டீல், டிக்டியோஸ்டீல், பல்சுற்று ஸ்டீல், பல ஸ்டீல் போன்றவை.

(iii) அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் சிறப்பான இரண்டாம் நிலை வளர்ச்சி (=குறுக்கு வளர்ச்சி) கொண்டவை; ஆனால் இவ்வளர்ச்சி டெரிடோஃபைட் தாவரங்களில் சிறப்பாகக் காணப்படுவதில்லை (எனினும் காண்க: பக்கம் ...). பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்ஃபெர்ம்களின் முதிர்ந்த மெட்டாசைலத்தில் வரையுற்ற குழிகள் (bordered pits) காணப்படுகின்றன. ஆனால், பெரும்பாலான டெரிடோஃபைட்களின் மெட்டாசைலத்தில் ஏணி வகைக் குழிகள் (scalariform pits) உள்ளன. டெரிடோஃபைட்களின் சல்லடை அங்கம் ஒரு நீண்ட பாரங்கைமா செல்லை ஒத்தது என்றாலும் நீளமானது; ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் சல்லடை அங்கம் சற்று குட்டையானது, குறைந்த விட்டம் கொண்டது, நுனி சுவர் ஓரளவுக்குச் சாய்வானது.

(iv) அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் இரண்டு வகை வித்துக்களை – பெரிய பெண்வித்தையும் (megaspore) சிறிய ஆண் வித்தையும் (microspore) – கொண்டவை. மகரந்தச் சேர்க்கையின் போது ஆண் வித்துக்கள் காற்றின் மூலம் பொதுவாக பெண் வித்தகத்தை அடைகின்றன (*நீட்டம், எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா* ஆகியவற்றில் மட்டும் பூச்சி மகரந்தச் சேர்க்கை நடைபெறுவதாகக் கூறப்படுகிறது). சைகடுகளிலும், *ஜிங்கோ*விலும் மட்டும் விந்துக்கள் தன்னியக்கம் கொண்டு கருவுறுதலுக்கு நீரைச் சார்ந்திருந்தாலும், ஏனைய அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் கருவுறுதல் நீரைச் சார்ந்திருப்பதில்லை. இவற்றிற்கு மாறாக பெரும்பாலான டெரிடோஃபைட் தாவரங்கள் ஒரே வகை வித்தினைக் கொண்டுள்ளன (விதிவிலக்குகள்: *செலாஜினெல்லா, ஐசாய்டடேசி,* மார்சீலியேசி குடும்பத் தாவரங்கள் போன்றவை); எனவே, கேமீட்டகத் தாவரங்கள் இருபால் உறுப்புகளையும் கொண்டவை; இதனால் தன் மகரந்தச் சேர்க்கை நடக்க அதிக வாய்ப்புகள் காணப்படுகின்றன; பரிணாம முன்னேற்ற வேகம் இதனால் மிகவும் மெதுவாகக் காணப்படுவதோடு மட்டுமல்லாது, வித்தகத் தாவரங்களும் ஒத்த பண்பிணைவு (homozygous) கொண்டவைகளாக அமைகின்றன.

(v) பெண்வித்தின் உள்ளேயே ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் பெண் கேமீட்டகத் தாவரம் நிலை நிறுத்தப்பட்டு அதன் ஊட்டத்திற்குப் பெண் வித்தைப் பெரிதும் சார்ந்துள்ளது. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களுக்குள் ஒரு ஆர்க்கிகோனிய குன்றல் (archegonial reduction) தொடர்ச்சியாகக் காணப்படுகிறது; இதன் காரணமாக கழுத்துக் கால்வாய் செல்களும், அரிதாக வென்ட்ரல் கால்வாய் செல்களும் வளர்ச்சியடைவதில்லை (அதாவது, காணப்படுவதில்லை).

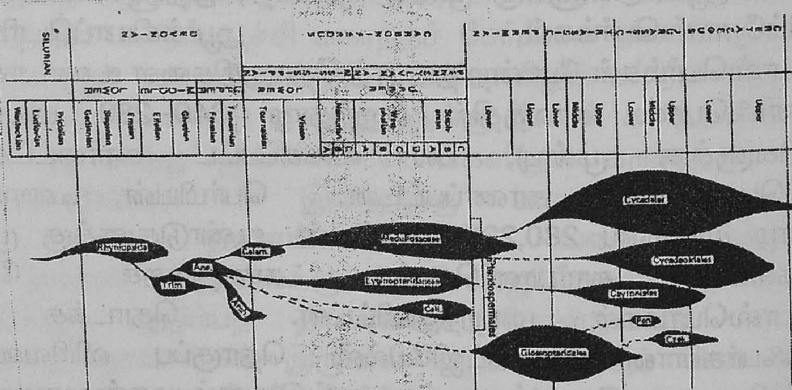
(vi) ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் விதைகள் உண்டு; டெரிடோஃபைட்களில் விதைகள் கிடையாது.

(vii) ஒரு சில பூச்சிகளால் ஏற்படும் கழலைகள் (galls) பொதுவாக டெரிடோஃபைட்களில் காணப்படுவதில்லை; ஆனால் பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் இவை காணப்படுகின்றன

**2. தொன்மையும் தொல்லுயிர் வரலாறும்**

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் ஒரு தொன்மையான தாவரத் தொகுதியாகும். இவற்றின் காலம் டிவோனியன் காலம் வரை பின்னோக்கி நீடிக்கிறது (படங்கள் 136, 137). இவை ஏறத்தாழ 395 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு தோன்றி, அநியூரோஃபைட்கள், புரோஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், ஆர்க்கியாப்டெரிடுகள், டெரிடோஸ்பெர்ம்கள் போன்ற தாவரத் தொகுதிகளை உண்டாக்கின. கார்பானிஃபெரஸ் காலத்தில் (ஏறத்தாழ 340–280 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு), பல வகைப்பட்ட கார்டைட்களும், விதைப்பெரணிகளும் காணப்பட்டன. பெர்மியன், டிரையாசிக் (ஏறத்தாழ முறையே 280,225 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு), காலங்களில் கார்பானிபெரஸ் காலத்தைச் சேர்ந்த டெரிடோஸ்பெர்ம்கள் மறைந்துவிட்டன. தொடக்க கால கோனிஃபர்களான வோல்ட்ஜியேல்ஸ் தொகுப்பு விரிவடையத் தொடங்கின; சைகடுகளும், சைக்கடியாய்டுகளும் முதன்முறையாகக் காணப்பட்டன. பெர்மியன் காலத்தில் புவியின் தென் பாதியில் கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் மிகக் குறிப்பிடத்தக்கத் தாவரத் தொகுப்பாகத் திகழ்ந்தது. ஜிங்கோஃபைட்கள் பெர்மியன் காலத்தில் தோன்றி, டிரையாசிக் காலத்தில் மிகவும் பரவலாகக் காணப்பட்டன. ஜுராசிக் காலத்தில் (ஏறத்தாழ 195–141 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு) சைகடுகள், சைக்கடியாய்டுகள், கோனிஃபர்கள், ஜிங்கோஃபைட்கள்

போன்ற ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் தம்முடைய விரிவாக்கத்தின் உச்ச கட்டத்தை அடைந்தன என்றாலும் கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் தாவரங்கள் முழுவதும் மறைந்து விட்டன. மேல் கார்பானிபெரஸ் காலத்தில் (ஏறத்தாழ 141–65 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு) ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள் தோன்றி மிகவும் விரைவாக வளர்வாக்கம் பெற்றன. ஏற்கனவே அழியத் தொடங்கியிருந்த சைகடுகள், சைக்கடியாய்டுகள், கோனிஃபர்கள், ஜிங்கோஃபைட்கள் போன்ற ஜிம்னோஸ்ஃபெர்ம்களின் இடத்தை ஆஞ்சியோஸ்ஃபெர்ம்கள் ஆக்ரமிக்கத் தொடங்கின. எனினும், பெரும்பாலான கோனிஃபர் குடும்பங்கள் இன்று வரை தொடர்ந்து, நிலைத்து, காணப்படுகின்றன. டெர்ஷியரி (Tertiary) காலத்தில் (ஏறத்தாழ 65 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு) ஆஞ்சியோஸ்ஃபெர்ம்கள் தொடர்ந்து விரிவாக்கம் அடைந்தன; கோனிஃபர்கள் தம்முடைய இன வளத்தில் சுருங்கின. இதனைத் தொடர்ந்து, ஆஞ்சியோஸ்ஃபெர்ம்கள் ஒரு ஓங்கிய நிலையையும், ஜிம்னோஸ்ஃபெர்ம்கள் ஒரு அடங்கிய நிலையையும் பெற்றன. எனினும், ஆஞ்சியோஸ்ஃபெர்ம்கள் தம்மை நிலை நிறுத்திக் கொள்ள முடியாத ஒரு சில சூழல்களில் ஜிம்னோஸ்ஃபெர்ம்கள் தொடர்ந்து ஓங்கிய நிலையில் உள்ளன. இன்று புவியில் ஜிம்னோஸ்ஃபெர்ம்கள் 69 பேரினங்கள், 750–760 சிற்றினங்களை மட்டுமே கொண்டு காணப்படுகின்றன.




படம் 136: சைகடோஃபைட்கள், அவற்றோடு தொடர்புடையதாகக் கருதப்படும் தாவரங்கள் போன்றவற்றின் புவியியல் காலப்பரவல், தோற்றம், தொடர்புகள். (Ane. அநியூரோஃபைட்டேல்ஸ்; Arch. ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ்; Calam.கேலமோபிட்டியேசி; Czek. செகனோவ்ஸ்கியேல்ஸ்; Pen. பென்டோசைலேல்ஸ்; Trim. டிரைமீரோஃபைட்டாப்சிடா) . பட உதவி: Stewart

படம் 137: ஜிங்கோவேல்ஸ், நீட்டாப்சிடா, கோனிஃபரோஃபைட்களின் பெரும்பாலான தொகுதிகள் போன்றவற்றின் புவியியல் காலப்பரவல், தோற்றம், தொடர்புகள். (Ane. அநியூரோஃபைட்டேல்ஸ்; Arch. ஆர்க்கிலாப்டெரிடேல்ஸ்; Calam. கேலமோபிட்டியேசி; Trim. டிரைமீரோஃபைட்டாப்சிடா) பட உதவி: Stewart.

### 3. தோற்றமும் பரிணாமமும்

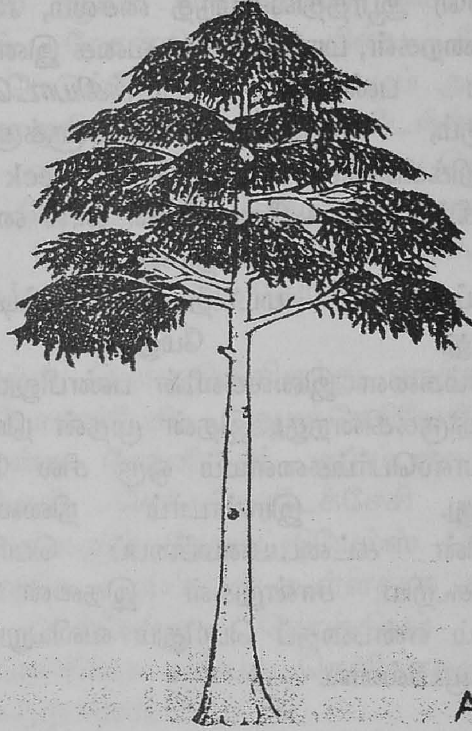
பெரும்பாலான அறிஞர்கள் ஜிம்னோஸ்ஃபெர்ம்கள் டெரிடோஃபைட்களில் இருந்து தோன்றியன என்ற கருத்தைக் கொண்டுள்ளனர். ஸ்டீவார்ட் (Stewart 1983) கருத்துப்படி அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் அடிப்படையில் ரைனியாப்சிடா என்ற தொல்லுயிர் டெரிடோஃபைட்டா தொகுதியிலிருந்து பெறப்பட்டவையாகும் (படங்கள் 136, 137). ரைனியோயாப்சிடாவிலிருந்து டிரைமீரோஃபைட்டாப்சிடா (தொல்லுயிர்) என்ற தொகுதி முதலில் பெறப்பட்டது என்றும், அதிலிருந்து பின்பு அநியூரோஃபைட்டேல்ஸ் தொகுதியும் பின்னால் அதிலிருந்து ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் என்ற தொகுதியும் தோன்றியது என்றும் ஸ்டீவர்ட் கருதுகிறார். ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து பல்வேறு புவியியல் கால கட்டங்களில் ஜிங்கோவேல்ஸ், கார்டைட்டேல்ஸ், வோல்ட்ஜியேல்ஸ் ஆகிய மூன்றும் தோன்றின. அநியூரோஃபைட்டேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதி தவிர கேலமைட்டேல்ஸ்,

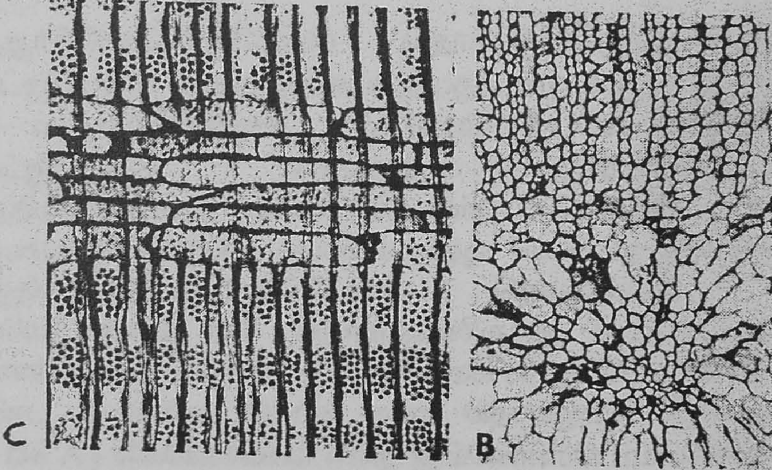
லைஜினாப்டெரிடேல்ஸ், காலிஸ்டோஃபைட்டேசி, கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் ஆகிய தொகுதிகள் வெவ்வேறு புவியியல் கால கட்டங்களில் தோன்றின. பின்பு கேலமைட்டேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து மெடுல்லோசேசி குடும்பமும் அதிலிருந்து பின்பு சைகடேல்ஸ் தொகுதியும், சைகடியாய்டேல்ஸ் தொகுதியும் தோன்றின. லைஜினாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து கேய்டோனியேல்ஸ் தொகுதி தோன்றியது. கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து பின்பு பென்டோசைலேல்ஸ் தொகுதியும், செகனோவ்ஸ்கியேல்ஸ் தொகுதியும் தோன்றின.

வோல்ட்ஜியேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து ஏறத்தாழ டிரையாசிக் காலத்தில் போடோகார்பேசி, ஆரக்கேரியேசி, குயூப்ரசேசி, டேக்சோடியேசி என்ற கோனிஃபர் குடும்பங்கள் நிச்சயமாகத் தோன்றின; பைனேசி, செஃபலோடேக்சேசி ஆகிய இரண்டு கோனிஃபர் குடும்பங்களும் வோல்ட்ஜியேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து தோன்றியிருக்க அதிக வாய்ப்புகள் உள்ளதாக ஸ்டீவர்ட் மேலும் கருதுகிறார். டேக்சேல்ஸ் தொகுதியும் நீட்டாப்சிடாவும் எவற்றிலிருந்து தோன்றியன என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை என்றும் ஸ்டிவர்ட் கருதுகிறார்.

ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து நேரடியாக வோல்ட்ஜியேல்ஸ் தொகுதி தோன்றியது என்ற கருத்தை பெக் (Beck 1981) வலியுறுத்துகிறார். ஆனால் ஃபுளோரின் கூற்றுப்படி வோல்ட்ஜியேல்ஸ் தொகுதி ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து கார்டைட்டேல்ஸ் தொகுதி வாயிலாக மறைமுகமாகப் பெறப்பட்டதாகும். இது போன்றே ஜிங்கோவேல்ஸ் தொகுதியும் கார்டைட்டேல்ஸ் தொகுதியின் வழியாக ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து பெறப்பட்டது என்று ஃபுளோரின் கருதுகிறார். பெரணியாகக் கருதப்பட்ட வித்தக உறுப்பு கொண்ட *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்* என்ற தொல்லுயிர் சிற்றினத்திற்கும் (படம் 138 A ) *கேலிசைலான்* என்ற ஜிம்னோஸ்பெர்ம் பண்பு கொண்ட தொல்லுயிர் தண்டு சிற்றினத்திற்கும் (படம் 138 C, D) இடையேயான இணைப்பினை பெக் (Beck 1960) கண்டுபிடித்தவுடன், புரோஜிம்னோஸ்பெர்மாப்சிடா என்ற வகுப்பு உருவாக்கப்பட்டது. (படம் 138 A-C) இவ்வகுப்பு தான் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் உடனடி முன்னோடி என்று கருதப்படுகிறது. *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்* தாவரத்தின் மரமொத்த வளரியல்பு, பேரிலைத் தன்மை கொண்ட இலைகள்,

இரண்டாம் நிலை (குறுக்கு) வளர்ச்சி, வட்ட வரையுற்ற குழிகள், ரேடிரக்கீடுகள், ஒரே ஆரத்திலமைந்த சைலம், ஃபுளோயம் கொண்ட வாஸ்குலக் கற்றைகள், மாற்றுவித்து வகை இனப்பெருக்க சாத்தியக் கூறு ஆகிய பண்புகள் *ஆர்க்கியாட்டெரிசின்* விதைத் தாவரங்களுக்கும், சைலோஃபைட்களுக்கும் இடைப்பட்ட நிலையைக் குறிக்கின்றன என்று பெக் (Beck 1962) கருதுகிறார். எனினும் இது கீழ், மைய டிவோனியன் கால சைலோஃபைட் தாவர மட்டத்தைவிட முன்னேற்றமடைந்து, கார்பானிபெரஸ் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் மட்டத்தை எட்டியுள்ளது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. மேலும், *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்* டெரிடோஸ்பெர்ம்களை இலைகளின் பண்பிலும், வித்துறுப்புகளின் பண்பிலும் ஒத்திருக்கின்றது. இதன் முதன் நிலை தாவர உறுப்புப் பண்பு டெரிடோஸ்பெர்ம்களையும் ஒரு சில கோனிஃபர்களையும் ஒத்திருக்கின்றது. இரண்டாம் நிலை கட்டையமைப்பு கோனிஃபர்களின் கட்டையமைப்பைப் பெரிதும் ஒத்துள்ளது. எனவே, மேற்கூறிய சான்றுகள் இதனை ஒரு முன்னோடி ஜிம்னோஸ்பெர்ம் என்பதைப் பெரிதும் வலியுறுத்துகிறது என்பதில் எந்தவொரு ஐயமுமில்லை.




**படம் 138:** புரோஜிம்னோஸ்பெர்மாப்சிடா. A. *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்.* B,C. கேலிசைலான். தண்டுக்கட்டையின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றமும், ஆரப்போக்கு நீள்வெட்டுத் தோற்றமும். பட உதவி: A,B. Beck

## III. பரவியிருத்தலும் வாழ்விடமும்

### 1. சைக்டேல்ஸ்

சைக்டேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ் ஆகிய இரண்டு தொகுதிகளும் மிகவும் தொன்மை வாய்ந்த ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் தொடர்ந்து எஞ்சி வாழும் உறுப்பினர்களாகும். சைகடுகள் மீசோஜோயிக் (Mesozoic) காலத்தில் மிகவும் பரவலாக விரவிக் காணப்பட்ட மிகப்பெரிய, ஓங்கி வாழ்ந்த தொகுதியாகும்; இக்காலக் கட்டம் சில சமயங்களில் சைகட்களின் காலம் என குறிப்பிடப்படுகிறது. தற்பொழுது 11 உயிர் வாழும் பேரினங்கள் மட்டுமே சைகடுகளில் அடங்கியுள்ளன (இவற்றில் *சிகுவா* என்ற புதிய பேரினமும் அடங்கும்); இவை வெப்ப, மித வெப்ப மண்டிலப் பகுதிகளின் ஒரு சில குறிப்பிடப்பட்ட பகுதிகளில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. எனினும், இவை ஓரிடத்தின் தாவரத் தொகுப்பிற்கு (vegetation) ஒரு சிறப்புத் தன்மையையோ அல்லது மிக அதிக எண்ணிக்கையில் காணப்படும் தன்மையையோ கொடுப்பதில்லை. ஆறு பேரினங்கள் புவியின் கிழக்கு அரைக்கோளப் பகுதியிலும், ஐந்து பேரினங்கள் புவியின் மேற்கு அரைக் கோளப் பகுதியிலும் காணப்படுகின்றன. எந்தவொரு பேரினமும் புவியின் இரண்டு அரைக் கோளப்பகுதிகளிலும் காணப்படுவதில்லை. கிழக்கே காணப்படும் சைகடுகளில் *மேக்ரோஜாமியா, லெபிடோஜாமியா, போவேனியா* ஆகிய மூன்றும் ஆஸ்திரேலியாவில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. *என்செஃபலார்டோஸ், ஸ்டான்ஜீரியா* ஆகிய இரண்டும் தென்ஆப்ரிக்காவில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. *சைகஸ்* பேரினம் ஆஸ்திரேலியாவிலிருந்து ஜப்பான் வரையிலும், இந்தியா, சீனா ஆகியவற்றைத் தொட்டுக் கொண்டு காணப்படுகிறது.

மேற்கே காணப்படும் பேரினங்களில் *டையூன், செரட்டோஜாமியா* ஆகிய இரண்டும் மெக்சிகோவில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. *மைக்ரோசைகஸ்* மேற்கு கியூபாவிலும், *ஜாமியா* மெக்சிகோ, கியூபா ஆகிய இரண்டு நாடுகளிலும், *சிகுவா* கொலம்பியாவில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. ஆர்னால்டு (Arnold 1953) என்ற தொல்லுயிரியல் அறிஞரின் கூற்றுப்படி இந்த 11 பேரினங்க்ளும் மீசோஜோயிக் காலத்தில் மிகவும் பரவலாகக் காணப்பட்ட சைகடுகளின் "எஞ்சிய" தனிப்படுத்தப்பட்ட பேரினங்களாகும்.

## 2. ஜிங்கோவேல்ஸ்

பெர்மியன் காலக்கட்டத்தில் ஜிங்கோவேல்ஸ் தாவர வரிசையில் பல பேரினங்களும், சிற்றினங்களும் இருந்தன; டிரையாசிக் காலம் தொடர்ந்து மீசோஜோயிக் ஜுராசிக் காலம் முடிவதற்குள் அவை மறையத் தொடங்கின; *ஜிங்கோ* தவிர்த்த இந்தத் தாவர வரிசையின் அனைத்து உறுப்பினர்களும் கிரிட்டேசியஸ் காலத்திற்குள் மறைந்து விட்டன. இன்று எஞ்சியிருக்கும் ஒரே சிற்றினமான *ஜிங்கோ பைலோபா* மிகக்குறுகிய புவிப்பரப்பில் மட்டும் காணப்படுகிறது. தற்போது இதன் இயற்கையான அமைவிடம் தென்கிழக்கு சீனாவின் மிகச்சிறிய, எளிதில் அடைய முடியாத பகுதியில் காணப்படுகிறது. இங்கும் அவை இயற்கையாக வளர்ச்சியடைந்து காணப்படுகிறதா என்ற ஐயப்பாடு பல அறிஞர்களிடம் உள்ளது; இவை தாவரத் தோட்டங்களிலிருந்து தப்பிப் பரவி மேற்கூறிய இடத்தில் காணப்படுகின்றன என்று இந்த அறிஞர்கள் கருதுகின்றனர் [காண்க: ஆண்டுரூஸ் (Andrews 1961)]. மறைவிலிருந்து இந்தச் சிற்றினம் மட்டும் தப்பியதற்கு முக்கியக் காரணம் சீனாவிலும், ஜப்பானிலும் பல நூற்றாண்டுகளாக கோவில் பூசாரிகள் இத்தாவரத்தை வளர்த்து, வணங்கி வந்தது தான். தற்போதைய *ஜிங்கோ* பூச்சிகள், பூஞ்சைகள் போன்றவற்றின் தாக்கத்திற்கு உள்ளாகாதத் தன்மையைப் பெற்றுள்ளது. அதிக அளவு வீரியத் தன்மை தான் பல மில்லியன் ஆண்டுகள் இத்தாவரம் அழியாமல் எஞ்சி வாழ்வதற்குச் சரியான காரணமாகும். ஓர் *உயிருள்ள தொல்லுயிரி* (living fossil) என்று அழைக்கப்படும் அளவுக்கு எந்தவித குறிப்பிடத்தக்க மாற்றமும் அடையாமல் பல தொல்பண்புகளை இன்றும் பெற்றிருக்கும் *ஜிங்கோ* இப்புவியில் பல மில்லியன் ஆண்டுகள் நிலைத்து வாழ்ந்திருக்கிறது என்பதே ஒரு வியப்புமிகு செய்தியாகும்; இது பெற்றுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட தொன்மைப் பண்பு நகரும் தன்மை கொண்ட ஆண் விந்துக்களைப் பெற்றிருப்பதாகும்.

## 3. பைனேல்ஸ்

தற்கால ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் 75 விழுக்காடு தாவரங்கள் கோனிஃபெரேல்ஸ் வரிசையைச் சார்ந்தவையாகும். இன்றைய

தாவரத் தொகுப்பின் ஒரு முக்கிய அங்கமாக கோனிஃபர்கள் திகழ்கின்றன. இந்தத் தாவர வரிசையில் ஏறத்தாழ 52 பேரினங்களும் 560 சிற்றினங்களும் (இவையனைத்தும் பொதுவாக 6 குடும்பங்களில் அடக்கப்பட்டுள்ளன) காணப்படுவதாக மெஹ்ரா (Mehra 1988) குறிப்பிடுகிறார். இவை குறிப்பிடத்தக்க அளவில் தொடர்ச்சியற்ற விரவலைக் (disjunct distribution) கொண்டுள்ளன; பல சிற்றினங்கள் வரையுற்ற விரவலைக் (endemic) கொண்டுள்ளன. 6 குடும்பங்களும் பரவலான விரவலைக் கொண்டிருந்தாலும், தனிப்பட்ட சிற்றினங்கள் மிகக்குறைந்த இடப்பரப்பில் மட்டுமே விரவலடைந்துள்ளன. இத்தகைய விரவல் பாங்கு இத்தாவர வரிசையின் தொன்மையைச் சுட்டுகிறது. பெரும்பாலான தற்கால கோனிஃபர் தாவரங்கள் டெர்ஷியரி காலத்தின் தொடக்கத்திலேயே காணப்பட்டன என்பது இங்கு குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

பெரும்பாலான கோனிஃபர் தாவரங்கள் உலகின் குளிர் மண்டிலப்பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன; ஒரு சில சிற்றினங்கள் மட்டுமே வெப்பமண்டிலப் பகுதிக்கு உரித்தானவையாகும். மேற்கு வடஅமெரிக்கா, தென் சீனா, மத்திய சீனா, ஆஸ்திரேலியா, நியூசிலாந்து ஆகியவற்றின் பகுதிகளில் கோனிஃபர்கள் மிக அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. இவ்விடங்களில் காணப்படும் இவ்வகைத் தாவரங்கள் மிகவும் விரிந்த இனவளமையைக் (taxic diversity) கொண்டுள்ளன.

**அ. பைனேசி:** இக்குடும்பத்தில் 10 பேரினங்கள் உள்ளன. இவை புவியின் வடகோளத்தில் மிகவும் சிறப்பான கோனிஃபர் காடுகளை உருவாக்குகின்றன. இந்தக் குடும்பத்துச் சிற்றினங்கள் எதுவும் புவியின் தென்கோளத்தில் அறவே இயற்கையாகக் காணப்படுவதில்லை.

**ஆ. டேக்சோடியேசி:** பத்துப் பேரினங்கள் கொண்ட இக்குடும்பத்தில், ஏழு பேரினங்கள் ஒரே ஒரு சிற்றினத்தை மட்டும் பெற்று காணப்படுகின்றன. புவியின் கடந்த காலத்தில் வடகோளக்காடுகளின் முக்கிய அங்கங்களாக இப்பேரினங்கள் திகழ்ந்தன. ஆனால் தற்போது, இக்குடும்பப் பேரினங்கள் ஒரு 'எஞ்சிய' (relict) விரவலைக் கொண்டுள்ளன. பத்துப் பேரினங்களில் மூன்று மட்டும் USA–வில் காணப்படுகின்றன: *சிக்கோயா செம்பெர்வைரன்ஸ்* (கலிஃபோர்னிய சிவப்புக்கட்டைத் தாவரம்)

கலிஃபோர்னியாவின் ஒரு குறுகலான கடலோரப்பகுதியில் மட்டும் காணப்படுகிறது; *சிக்கோயாடென்ரான் ஜைகான்டியம்* கலிஃபோர்னியாவின் மையப்பகுதியில் காணப்படுகிறது; *டேக்சோடியம்* சிற்றினங்கள் தென்கிழக்கு USA–விலும் மெக்சிகோவிலும் உள்ள சதுப்புநிலப் பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. ஏனைய ஏழு பேரினங்களில் *கிரிப்டோமீரியா ஜப்பானிக்கா*வும் (ஜப்பானிய செடார்), *கன்னின்கேமியா* சிற்றினங்களும் ஜப்பானிலும், சீனாவின் ஒரு சில பகுதிகளிலும் காணப்படுகின்றன; *சியடோப்பிடிஸ் வெர்டிசில்லேட்டா* (ஜப்பானிய குடை பைன்மரம்) ஜப்பானிலும், *கிளிப்டோஸ்ட்ரோபஸ்* (சீனாவின் இலையுதிர் சைப்ரெஸ்) சீனாவிலும், *தாய்வானியா* ஃபார்மோசாவிலும் காணப்படுகின்றன. 1948–ஆம் ஆண்டு வரை பிளையோசீன் தொல்லுயிர் எச்சப் படிமங்களாக மட்டும் அறியப்பட்ட *மெட்டாசிக்கோயா கிளிப்டோஸ்ட்ரோபாய்டெஸ்* சீனாவின் ஜெக்குவான் பகுதியில் உயிருள்ள மரங்களாக கண்டறியப்பட்டன. *ஆத்ரோடாக்சிஸ்* சிற்றினங்கள் (டாஸ்மேனிய செடார்கள்) மட்டுமே புவியின் தெற்கு கோளத்தில், டாஸ்மேனியாவில் காணப்படுகின்றன.

இ. குயூப்ரசேசி: கோனிஃபர்களிலேயே மிகப்பெரிய குடும்பமான இதில் ஏறத்தாழ 19 பேரினங்கள் உள்ளன; இவற்றில் எட்டு பேரினங்கள் ஒரே ஒரு சிற்றினத்தை மட்டும் கொண்டுள்ளன. 19 பேரினங்களில் ஒன்பது பேரினங்கள் புவியின் வடகோளத்திலும், பத்து பேரினங்கள் புவியின் தென் கோளத்திலும் காணப்படுகின்றன. வடகோளப் பேரினங்களில், *குயூப்ரசஸ், சாமேசைபேரிஸ், தூஜா* ஆகிய மூன்றும் தொடர்ச்சியற்ற விரவலைக் கொண்டுள்ளன. *ஜூனிபெரஸ்* புவியின் வடக்கு கோளத்தைச் சுற்றி ஒரு அகலப் பட்டையாகப் பரவி காணப்படுகிறது. புவியின் தெற்கு கோளத்தில் காணப்படும் ஒரு சில பேரினங்கள்: *கல்லீட்ரிஸ்* ஆஸ்திரேலியா, டாஸ்மேனியா, நியூ கலிடோனியா ஆகிய பகுதிகளில் மட்டும் காணப்படுகின்றது. *லிபோசீட்ரஸ்* நியூசிலாந்திலும் நியூகலிடோனியாவிலும் மட்டும் காணப்படுகின்றது. *பாப்புவாசீட்ரஸ்* நியூகினியில் காணப்பட்டு புவியின் மையக்கோட்டைக் கடந்து வடகோளம் வரை நீட்டிக்கிறது.

ஈ. போடோகார்பேசி: புவியின் தென்கோளத்தில் காணப்படும் மிக முக்கியமான குடும்பமான இது, இங்குதான் தோன்றியது. இதில் ஏழு பேரினங்கள் உள்ளன; இவற்றில் இரண்டு பேரினங்கள் ஒரே ஒரு

சிற்றினத்தை மட்டும் கொண்டுள்ளன. ஒரு சில பேரினங்கள் வட கோளத்திலும் காணப்படுகின்றன; இப்பகுதியில் இவை புதிதாக வந்து சேர்ந்தவை என்று கருதப்படுகின்றன. இக்குடும்பத்தின் மிகப்பெரிய பேரினமான *போடோகார்பஸ்* புவியின் தென் கோளத்தில் உள்ள மலைகளின் மிதவெப்ப மண்டிலக் காடுகளிலும், மித குளிர்மண்டிலக் காடுகளிலும் காணப்படுகிறது. ஒரு சில சிற்றினங்கள் ஜப்பான், சீனா, இந்தியா, மலேயா, பிலிப்பைன்ஸ் போன்ற நாடுகளில் காணப்படுகின்றன. *டாக்ரிடியமும், ஃபில்லோகிளேடசும்* பெரும்பாலும் நியூசிலாந்திலும், டாஸ்மானியாவிலும் காணப்படுகின்றன. *டாக்ரிடியம்* மலேசியா, பர்மா, தெற்கு சீனா, படகோனியா, சிலி போன்ற நாடுகளிலும் காணப்படுகிறது; *ஃபில்லோகிளேடஸ்* நியூகினி, வடக்கு போர்னியோ, பிலிப்பைன்ஸ் போன்ற நாடுகளில் காணப்படுகின்றது. *சாக்சிகோதியாவும், மைக்ரோஸ்ட்ரோபசும்* ஒரே ஒரு சிற்றினம் மட்டும் கொண்டவை. இவற்றில் முதலாவது சிலிநாட்டில் மட்டும் காணப்படுகிறது; இரண்டாவது டாஸ்மேனியாவில் உள்ளது. *அக்மோபைல்* நியூகலிடோனியாவிலும், ஃபிஜி தீவிலும் மட்டும் காணப்படுகிறது.

**உ. ஆரக்கேரியேசி:** இது ஒரு மிகவும் தொன்மையான குடும்பமாகும். இதன் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் புவியின் வடக்கு, தெற்கு கோளங்களிலும் டிரையாசிக் காலம் வரை காணப்படுகின்றன. இன்று காணப்படும் இரண்டு பேரினங்களும் புவியின் தெற்கு கோளத்தில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. *ஆரக்கேரியா* தென் அமெரிக்கா, ஆஸ்திரேலியா, நியூகினி, நியூகலிடோனியா ஆகிய பகுதிகளிலும், *அகாத்தில்ஸ்* புவியின் கிழக்குப் பகுதிகளில் மட்டும், அதாவது பிலிப்பைன்ஸ் நாட்டிலிருந்து நியூசிலாந்து வரையிலும் மலேயாவிலிருந்து ஃபிஜி தீவுகள் வரையிலும், விரவி காணப்படுகிறது.

**ஊ. செஃபலோடேக்சேசி:** ஒரே ஒரு பேரினமான செஃபலோடேக்சசை உள்ளடக்கிய இக்குடும்பம் கிழக்கு ஆசியாவில் மட்டுமே காணப்படுகிறது. இதன் விரவல் கிழக்கு இமாலயப் பகுதியிலிருந்து ஜப்பான் வரை மிதவெப்ப மண்டிலக் காடுகளில் காணப்படுகிறது.

**4. டேக்சேல்ஸ்:**

இந்தத் தாவரவரிசையில் டேக்சேசி என்ற ஒரே ஒரு குடும்பம் மட்டுமே உள்ளது. இக்குடும்பத்தில் ஐந்து பேரினங்கள் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. *டேக்சஸ்* வட அமெரிக்கா, ஐரோப்பா, ஆசியா ஆகிய கண்டங்களில் காணப்பட்டு மலேயா வரை நீடிக்கிறது. இந்த அகண்ட விரவலுக்கு பறவைகள்தான் காரணமாகும். *சியூடோகேக்சஸ்* கிழக்கு சீனாவின் ஒரு சிறிய பகுதியில் மட்டும் வளர்கிறது. *அமென்டோகேக்சஸ்* தற்பொழுது கிழக்கு ஆசியாவில் மட்டும் காணப்பட்டாலும் இதன் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் ஐரோப்பாவிலிருந்தும் மேற்கு அமெரிக்காவிலிருந்தும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. *ஆஸ்ட்ரோடேக்சஸ்* நியூகலிடோனியாவில் மட்டுமே காணப்படுகிறது. *டொர்ரேயா* கலிஃபோர்னியா, ஃபுளோரிடா, கிழக்கு ஆசியா ஆகிய பகுதிகளில் மட்டும் வளர்கிறது.

**5. எஃபீட்ரேல்ஸ்:**

எஃபீட்ரேசி என்ற ஒரே ஒரு பேரினத்தை மட்டும் அடக்கிய குடும்பத்தைக் கொண்ட தாவர வரிசையாகும். *எஃபீட்ரா* (*Ephedra*) என்ற பேரினம் ஏறத்தாழ 42 சிற்றினங்களை உள்ளடக்கியது; இந்த பேரினம் மிகவும் அகண்ட, உலகளாவிய விரவலைக் கொண்டதாகும். ஆனால் எந்தவொரு சிற்றினமும் பழைய உலகிற்கும் (old world) புதிய உலகிற்கும் (new world) பொதுவானதல்ல; அதேபோன்று எந்தவொரு சிற்றினமும் புவியின் கிழக்கு, மேற்கு ஆகிய இரண்டு பகுதிகளுக்கும் பொதுவானதல்ல. பெரும்பாலான சிற்றினங்கள் வறண்ட அல்லது பாலைவனப் பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. உவர் நிலங்களில் அதிகமாகக் காணப்பட்டு மண் இணைப்பிகளாக (sand binders) இத்தாவரங்கள் செயல்படுகின்றன. கடல் மட்டத்திலிருந்து 5000 மீ உயரம் வரை இவை காணப்படலாம்.

**6. வெல்விட்ஸ்கியேல்ஸ்:**

*வெல்விட்ஸ்கியா* ஒரே ஒரு பேரினத்தையும் ஒரே ஒரு சிற்றினத்தையும் கொண்ட இக்குடும்பம் மிகவும் குறைவான விரவல் பகுதியை மட்டும் கொண்டதாகும். தென் ஆப்பிரிக்காவின் மேற்குக்

கடலோரத்திற்குச் சற்று உள்ளடைந்த பகுதியில் அங்கோலாவிலிருந்து (நிக்கோலாவ் ஆறு முதல்) தொடங்கி தென் மேற்கு ஆசியா வரை, அதாவது நமீபியா வரை (கூய்சேப் ஆறு வரை) ஏறத்தாழ 1200 கி.மீ. தூரத்திற்கு, ஒரு குறுகிய நிலப்பரப்பில், இச்சிற்றினம் காணப்படுகிறது. ஸ்வாகோப்முண்ட் என்ற இடத்திலிருந்து ஏறத்தாழ 45 கிலோமீட்டர் தூரத்தில் அமைந்துள்ள *வெல்விட்ஸ்கியா* சமவெளிப் பரப்பில் (*Welwitschia* flat) 5000–6000 தாவரங்கள் வளர்வதாகக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. எனினும், *வெல்விட்ஸ்கியா* கடலோரத்தை அடைவதில்லை. நமீப் (Namib) பாலைவனத்தின் வடக்கு, தெற்கு பகுதிகளில் தொடங்கி மோபேன் (Mopane) புல்வெளி வழியாக மேற்கு–கிழக்கு திசைகளில் இச்சிற்றினம் பரவி காணப்படுகிறது. கோடை மாதங்களில் (ஜனவரி முதல் மார்ச் சரை) 0.0 முதல் 100 மிமீ. அளவு மட்டும் மழை பெய்யும் பகுதிகளில் இச்சிற்றினம் குறிப்பாக வளர்கிறது.

7. நீட்டேல்ஸ்:

*நீட்டம்* என்ற ஒரே ஒரு பேரினத்தைக் கொண்ட நீட்டேசி என்ற ஒரே ஒரு குடும்பம் இந்தத் தாவர வரிசையில் காணப்படுகிறது. ஆசியா, ஆப்ரிக்கா, தென்அமெரிக்காவின் வடக்குப்பகுதி, ஆசியா–ஆஸ்திரேலியாவிற்கு இடைப்பட்ட ஒரு சில தீவுகள் ஆகிய இடங்களில் காணப்படும் நீர் பற்றுள்ள வெப்பமண்டிலக் காடுகளில் *நீட்டம்* காணப்படுகிறது. ஏறத்தாழ 30 சிற்றினங்களைக் கொண்ட இப்பேரினத்தின் பல சிற்றினங்கள் ஒரு குறைந்த நிலப்பரப்பில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. புவியின் தெற்கு, வடக்கு ஆகிய இரண்டு கோளங்களுக்கும் பொதுவான சிற்றினம் எதுவும் *நீட்டம்* பேரினத்தில் காணப்படுவதில்லை. இதேபோன்று, ஆசியாவில் காணப்படும் எந்தவொரு சிற்றினமும் ஆப்பிரிக்காவிலோ, அமெரிக்காவிலோ காணப்படுவதில்லை. இப்பேரினத்தின் சிற்றினங்கள் கிழக்கு மலேசியாவில் தோன்றி அங்கிருந்து உலகின் பல பகுதிகளுக்கும் பரவின என்று மகேஷ்வரியும், வாசிலும் (Maheshawari and Vasil 1961) கருதுகின்றனர்.

## IV வகைப்பாடு

### 1. முன்னுரை:

வகைப்பாட்டியலின் இலக்குகளில் முக்கியமான ஒரு இலக்கு இனத்தோற்ற வளர்ச்சியின் (phylogenetic) அடிப்படையில் உண்டாக்கப்படும் ஒரு வகைப்பாட்டு ஒருங்காகும். முன்னமே குறிப்பிட்டபடி ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் பரிணாம வரலாற்றுத் தொடக்கம் புவிக்கால அட்டவணையில் மிகவும் பின்னோக்கிய காலத்திலேயே காணப்படுகிறது (படங்கள் 136, 137); பெக் (Beck 1985) என்பவரின் கூற்றுப்படி இத்தொகுதியின் தொல்லுயிர் குறிப்பேடு மேல் டிவோனியன் காலத்தில் தொடங்கி இன்றிலிருந்து ஏறத்தாழ 350 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வரை பரவிக்காணப்படுகிறது. தோற்றவியல் மரப்படத்தின் பெரும்பாலான கிளைகள் மறைந்துவிட்டன அல்லது மிகக் குறைவான தொல்தாவரவியல் குறிப்புகளை மட்டும் எச்சமாகப் பெற்றுள்ளன. மேல் டிவோனியன், கீழ் கார்பானிபெரஸ் காலங்களில் இருந்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களாகக் கருதப்படும் பல தொல்லுயிர் எச்சங்கள் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே, இந்த தாவரங்களின் தோற்ற வளர்ச்சிவியல் தொடர்புகள் பற்றியும், வகைப்பாடு பற்றியும் கருத்து வேறுபாடுகள் இருப்பதற்கு அதிக வாய்ப்புகள் உள்ளன. இதன் காரணமாக வகைப்பாட்டு ஒருங்குகள் ஓரளவிற்கு நெகிழ்வுத்தன்மை கொண்டவையாகவும், வளர்ந்துவரும் புதிய தகவல்களுக்கு ஏற்ப தொடர்ந்து மாற்றியமைக்கக் கூடியதாகவும் இருக்க வேண்டும் என்று ஆர்னால்டு (Arnold 1947) கருதுகிறார். பல தொல்லுயிர் எச்சத் தாவரங்களின் பரிணாமத் தொடர்புகள் பற்றி நமக்கு முழுமையாகத் தெரியவில்லை (Miller 1985). இத்தகைய தொல்லுயிர்த் தாவர எச்சங்களின் இனப்பெருக்க உறுப்புகளோடு இணைந்த எச்சங்கள் கிடைக்கும் வரை அவற்றின் வகைப்பாட்டு நிலை பற்றிய கருத்துக்கள் அனைத்துமே முடிவானவை அல்ல என்று கூறும் ஸ்போர்னின் (Sporne 1965) நிலைப்பாடும் இங்கு குறிப்பிடத்தக்கது.

எந்தவொரு வகைப்பாட்டிலும் தழைவழி உறுப்புகள், இனப்பெருக்க உறுப்புகள் ஆகிய இரண்டின் பண்புகளுமே முக்கியத்துவம் பெற்றவையாகும். உள்ளமைப்பியல், கருவியல், செல்லியல், மகரந்தவியல், தாவரவேதியியல் போன்ற இயல்களின்

பண்புகளும் வகைப்பாட்டு ஒருங்குகளில் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும்.

**2. பல்வேறு வகைப்பாட்டு ஒருங்குகள்**

**அ. சாஹ்னியின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு**

சாஹ்னி (Sahni 1920) ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களை இரண்டு அடிப்படைப் பிரிவுகளாகப் பிரித்தார்: **ஃபில்லோஸ்பெர்ம்கள் (Phyllosperms), ஸ்டேக்கியோஸ்பெர்ம்கள் (Stachyosperms).** ஃபில்லோஸ்பெர்ம்கள் பிரிவினைச் சார்ந்த தாவரங்களின் இலைகள் மிகவும் பெரிதானவை, அதிகஅளவில் பிளவுபட்டவை; கூட்டிலைகள்; சூல்கள் இலைகளிலோ அல்லது இலையொத்த உறுப்புகளிலோ தாங்கப்பெற்றவை. இப்பிரிவில் டெரிடோஸ்பெர்மேல்ஸ், சைகடேல்ஸ், பென்னிடைட்டேல்ஸ் ஆகிய தாவர வரிசைகள் அடங்கியுள்ளன. ஸ்டேக்கியோஸ்பெர்ம்கள் பிரிவைச் சார்ந்த தாவரங்களின் இலைகள் தனி இலைகள் ஆகும்; பொதுவாக சிறியவை; சூல்கள் தண்டின் மேல் தாங்கப்பட்டுள்ளன. இப்பிரிவில் கார்டைட்டேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ், கோனிஃபெரேல்ஸ், டேக்சேல்ஸ் ஆகிய தாவர வரிசைகள் அடங்கும். சாஹ்னியின் கூற்றுப்படி டேக்சேல்ஸ், கோனிஃபெரேல்ஸ் தாவர வரிசையிலிருந்து வேறுபட்டவையாகும்; தனிவரிசையாகக் கருதப்பட வேண்டும். டேக்சேல்ஸ் வரிசையில் *டேக்சஸ், டொர்ரேயா, செஃபலோடேக்சஸ்* ஆகிய மூன்று பேரினங்களையும் சாஹ்னி சேர்த்தார். சாஹ்னியின் வகைப்பாட்டில் *நீட்டம், எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா* ஆகியவற்றின் வகைப்பாட்டு நிலை பற்றி தெளிவாக்கப்படவில்லை.

ஃபுளோரின் டேக்சேல்ஸ் ஒரு தனித்தாவர வரிசையாகப் பிரிக்கப்பட வேண்டும் என்ற கருத்தை ஆதரித்தார். இந்தத் தாவர வரிசை கார்டைட்டேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ், கோனிஃபெரேல்ஸ் ஆகிய தாவர வரிசைகளுக்கு இணையான தன்மையைக் கொண்டது என்றும் ஃபுளோரின் வலியுறுத்தினார். எனினும், டேக்சேல்ஸ் தாவர வரிசையில் ஃபுளோரின் *டேக்சஸ், டொர்ரேயா, நோதோடேக்சஸ், அமென்டோடேக்சஸ், ஆஸ்ட்ரோடேக்சஸ்* போன்ற இன்றைய பேரினங்களையும் அவற்றின் தொல்லுயிர் எச்ச தொடர்புத் தாவரங்களையும் சேர்த்தார்; *செஃபலோடேக்சஸ்* பேரினத்தை அவர் தொடர்ந்து கோனிஃபர்களில் வைத்தார்.

### ஆ. சேம்பர்லினின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு

சேம்பர்லின் (Chamberlain 1920, 1935) ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களை இரண்டும் முக்கியப் பிரிவுகளாகப் பிரித்தார்:

(i) **சைகடோஃபைட்கள்:** இதில் பின்வரும் மூன்று தாவர வரிசைகளையும் வைத்தார்: **சைகடோஃபிலிகேல்ஸ், பென்னிடைட்டேல்ஸ், கைடேல்ஸ்.**

(ii) **கோனிஃரோஃபைட்கள்:** இதில் பின்வரும் நான்கு தாவர வரிசைகளையும் வைத்தார் கார்டைட்டேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ், கோனிஃபரேல்ஸ், நீட்டேல்ஸ்.

சாஹ்னியின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கிற்கும் சேம்பர்லினின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கிற்கும் உள்ள முக்கிய வேறுபாடு எந்த முதல்நிலை பண்புகளுக்கு முக்கியத்துவம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது என்பதுதான். சாஹ்னியின் முக்கிய அடிப்படை சூல்தாங்கு உறுப்புகளின் புறதோற்றவியல் பண்புதான். ஆனால், சேம்பர்லினின் வகைப்பாட்டில் வளரியல்பு, தண்டு உள்ளமைப்பியல், இலைகள் போன்றவற்றில் உள்ள வேறுபாடுகளுக்கு முக்கியத்துவம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

### இ. ஆர்னால்டின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு

சேம்பர்லினின் (Chamberlain 1935) வகைப்பாட்டு ஒருங்கிற்கு ஒரு தொல்தாவரவியல் அடிப்படையை ஆர்னால்டு (Arnold 1948) வழங்கினார். ஆர்னால்டின் கூற்றுபடி ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் ஒரு செயற்கையான பல்முன்னோடிகளைக் கொண்ட தொகுதியாகும். இவற்றில் விதைத்தன்மை தனித்தனியாக சைகடோஃபைட்களிலும், கோனிஃபரோஃபைட்களிலும் தோன்றியது. எனவே, ஆர்னால்டு ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களை மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரித்தார்:

(i) **சைகடோஃபைட்டா:** டொடோஸ்பெர்மேல்ஸ், சைகடியாய்டேல்ஸ், சைகடேல்ஸ்.

(ii) **கோனிஃபரோஃபைட்டா:** கார்டைட்டேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ், டேக்சேல்ஸ், கோனிஃபரேல்ஸ்.

(iii) **கிளமைடோஸ்பெர்மோஃபைட்டா:** எஃபீட்ரேல்ஸ், நீட்டேல்ஸ்.

ஆர்னால்டின் கூற்றுப்படி சைகடோஃபைட்டுகளும், கோனிஃபரோஃபைட்களும் இயற்கையான தொகுதிகளாகும். இவையிரண்டும் தனித்தனியாகத் தோன்றியவை .

**ஈ. பந்த்தின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு**

பந்த் (Pant 1957) ஆர்னால்டி வகைப்பாட்டு ஒருங்கை சற்றே மாற்றியமைத்தார். இவரின் வகைப்பாட்டின்படி ஜினோஸ்பெர்ம்கள் மூன்று பிரிவுகளைக் கொண்டவை.

**பிரிவு 1 – சைகடோஃபைட்டா**

வகுப்பு 1 – டெரிடோஸ்பெர்மாப்சிடா: (i) லைஜினாப்டெரிடேல்ஸ் (ii) மெடுல்லோசேல்ஸ் (iii) கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் (iv) பெல்டஸ்பெர்மேல்ஸ் (v) கோரிஸ்டோஸ்பெர்மேல்ஸ் (vi) கேய்டோனியேல்ஸ். வகுப்பு 2 – சைகடாப்சிடா (vii) சைகலேஸ் வகுப்பு 3 – பென்டசைலாப்சிடா (viii) பென்டோசைல்ஸ். வகுப்பு 4 – பென்னேட்டிடோப்சிடா (Bennettitopsida) (ix) பென்னெட்டிடேல்ஸ் (= சைகடியாய்டேல்ஸ்).

**பிரிவு 2 – கிளமடோஸ்பெர்மேஃபைட்டா:**

வகுப்பு 1 – நீட்டாப்சிடா (i) நீட்டேல்ஸ் (ii) வெவிட்ஸ்கியேஸ்.

**பிரிவு 3 – கோனிஃபரோபைட்டா:**

வகுப்பு 1 – கோனிஃபரோப்சிடா (Coniferopsida) (i) கார்டைட்டேல்ஸ் (ii) கோனிஃபரேல்ஸ் (iii) ஜிங்கோவேல்ஸ். வகுப்பு 2 – (iv) எஃபீட்ரேல்ஸ். வகுப்பு 3 – செகனோவ்கியாப்சிடா (v) கெனோவ்ஸ்கியேல்ஸ். வகுப்பு 4 – டேக்சாப்சிடா. (vi) டேசேல்ஸ்.

**உ. பியர்ஹோர்ஸ்டின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு**

பியர்ஹோர்ஸ்ட் (Bierhorst 1971) ஓரளவுக்கு மாறுபட்ட வகைப்பாட்டு ஒருங்கை கொடுத்துள்ளார். இவருடைய வகைப்பாடு பின்வருமாறு:

**சைகடாப்சிடா:** (i) டெரிடோஸ்பெர்மேல்ஸ் (ii) சைகடேல்ஸ் (iii) சைகடியாய்டேல்ஸ் (iv) கேய்டோனியேல்ஸ்

**கோனிஃபராப்சிடா:** (i) கார்டைட்டேல்ஸ் (ii) கோனிஃபரேல்ஸ் (iii) டேக்சேல்ஸ் (iv) ஜிங்கோவேல்ஸ்

**நீட்டாப்சிடா:** (i) எஃபீட்ரேல்ஸ் (ii) நீட்டேல்ஸ் (iii) வெல்விட்ஸ்கியேல்ஸ்.

**ஊ. ஸ்டீவார்டின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு**

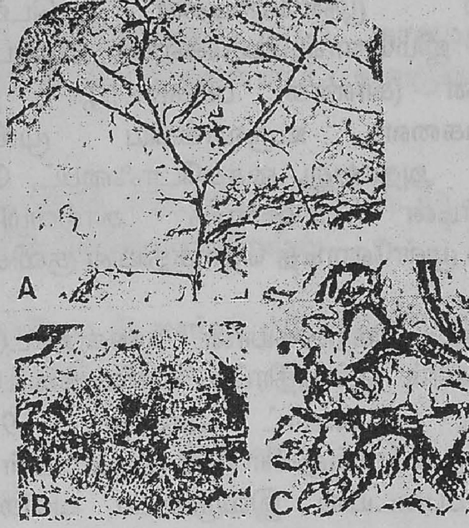
ஜிம்னோஸ்பர்ம்களை வகைப்படுத்தும் பல வகைப்பாட்டு ஒருங்குகள் பெரும்பாலும் சேம்பர்லினும், ஆர்னால்டும் எடுத்துக் கூறிய பண்புக்கூறுகளின் அடிப்படையில் உண்டாக்கப்பட்டவையாகும். இந்த இருவரும் கண்டுணர்ந்த இரண்டு முக்கியப் பரிணாமக் கால்வழிகளில் சைகடோஃபைட்டா பெரணிகளிலிருந்து பரிணமித்தது என்று கருதப்படுகிறது; ஆனால், கோனிஃபரோஃபைட்டாவின் தோற்றம் பற்றி எதுவும் தெரியவில்லை. கோனிஃபரோஃபைட்டாவின் இரண்டாம் நிலை சைல அமைப்பைக் கொண்ட, கல்லாகச்சமைந்த, மரத்தண்டுகளான *பிடிஸ்* (*Pitys*), *கேலிசைலான்* ஆகிய இரண்டும் மிகவும் தொன்மையானத் தாவரங்களாகக் கருதப்பட்டன. ஆனால், பின்பு *பிடிஸ்* ஒரு லைஜினாப்டெரிஸ் டெரிடோஸ்பெர்ம் என்று அறியப்பட்டது; *கேலிசைலான்* ஒரு ஜிம்னோஸ்பெர்ம் முன்னோடியாகும்; மேலும், மீசோஜோயிக் விதைப் பெரணிகள் முன்பு கருதப்பட்டதைவிட மிகவும் அதிக விரிவாக்கத்தைப் பெற்றதாக உணரப்பட்டன. இந்த கண்டுபிடிப்புகள் அனைத்தும் ஆர்னால்டின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கோடு மாறுபட்டுள்ளன.

பெக்கும் (Beck 1981), ரோத்வெல்லும் (Rothwell 1982) எடுத்துக்கூறிய வகைப்பாட்டு ஒருங்குகளில் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்

முன்னோடிகளுக்கு முக்கியத்துவம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஜிம்னோஸ்பெர்ம் முன்னோடிகள் டெரிடோஃபைட்களின் பண்புகளையும், ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் பண்புகளையும் கலந்து பெற்றிருக்கின்றன (காண்க: பக்கம்.....). இந்தத் தொகுதி, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களை உருவாக்கிய முன்னோடி என்று கருதப்படுகிறது. அதாவது, சைகடோஃபைட், கோனிபரோஃபைட் ஆகிய இரண்டின் பரிணாமக் கால்வழிகளின் அடிகள் ஜிம்னோஸ்பெர்ம் முன்னோடித் தொகுதியில் குவிகின்றன.

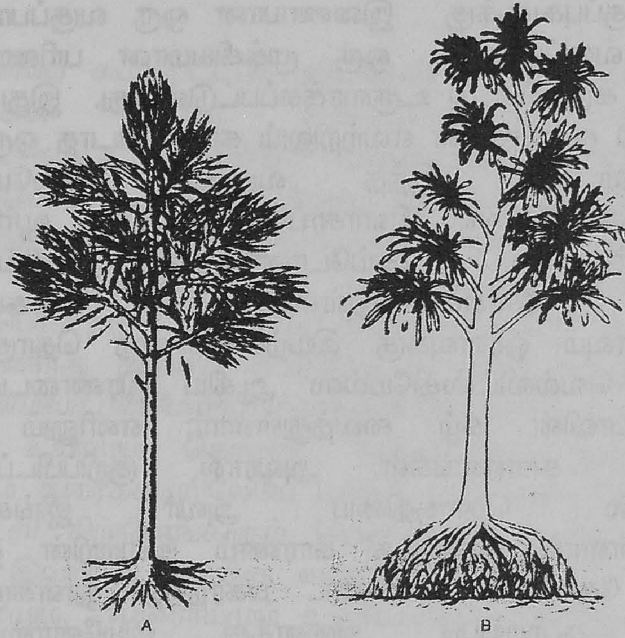
பல்வேறுபட்ட இயற்கையான வகைப்பாட்டு ஒருங்குகளின் பண்புகளையெல்லாம் ஒன்றுதிரட்டி உருவாக்கப்பட்ட வகைப்பாட்டு ஒருங்கு ஒன்று ஸ்டீவார்ட் (Stewart 1983) என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. தொல்லுயிர் எச்ச தாவரங்கள் பலவற்றை ஆய்வு செய்ததின் அடிப்படையில் இவருடைய வகைப்பாட்டு ஒருங்கு அமையப் பெற்றுள்ளது; இதனால் வாஸ்குலத் தாவரங்களின் முக்கியத் தொகுதிகளுக்கிடையே காணப்படும் தொடர்புகள் கண்டுணரப்பட்டன. இவருடைய வகைப்பாட்டு ஒருங்கின் விவரங்கள் பின்வருமாறு.

1. புரோஜிம்னோஸ்பெர்மாப்சிடா (ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் முன்னோடிகள்): (i) அநியூரோஃபைட்டேல்ஸ் (படம் 139) (ii) ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் (படம் 138) (iii) புரோட்டோபிடியேல்ஸ்.




**படம் 139:** *அரியூரோஃபைட்டான் ஜெர்மானிக்கம்.* A. கிளைத்தல் ஒருங்கின் ஒரு பகுதி. B. அச்சின் குறுக்கு வெட்டு. முக்கோண வடிவ முதல்நிலை சைலத்தைச் சூழ்ந்து இரண்டாம் நிலை சைலம் காணப்படுதல். C. நுனி அச்சுகள், வித்தகங்களுடன். பட உதவி: Schweitzer and Matten

2. ஜிம்னோஸ்பெர்மாப்சிடா: "சைகடோஃபைட்கள்" (i) டெரிடோஸ்பெர்மேல்ஸ் (ii) சைகடேல்ஸ் (iii) சைகடியாய்டேல்ஸ், "தெளிவற்ற தொடர் கொண்ட ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள்". (iv) கேய்டோனியேல்ஸ் (v) கிளாசாப் டெரிடேல்ஸ் (vi) பென்டோசைலேல்ஸ் (vii) செகனோவ்ஸ்கியேல்ஸ் (viii) ஜிங்கோவேல்ஸ். கோனிஃபரோஃபைட்கள் (ix) கார்டைட்டேல்ஸ் (படம் 140) (x) வோல்ட்ஜியேல் (xi) கோனிஃபரேல்ஸ் (xii) டேக்சேல்ஸ்.




படம் 140: A,B. மீள்கட்டமைப்பு செய்யப்பட்ட கார்டைட்டேல்ஸ் தாவரங்கள். பட உதவி: Scott; B. Cridland

**3. நீட்டாப்சிடா:** *நீட்டம், எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா.* இந்நூலில் மேற்கூறிய ஸ்டீவார்டின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு பின்பற்றப்பட்டுள்ளது.

**எ. மேயனின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு**

மேயன் (Meyen 1984, 1986) கடந்தகால, நிகழ்கால ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் அனைத்தையும் சேர்க்கையுறும் வகையில் ஒரு வகைப்பாட்டு ஒருங்கை வெளியிட்டுள்ளார். இவருடைய வகைப்பாட்டில் மூன்று வகுப்புகள் உள்ளன.

1. **ஜிங்கூப்சிடா**
2. **சைகடாப்சிடா**
3. **பைனாப்சிடா**

இந்த வகைப்பாடு தற்போது அறியப்பட்டுள்ள தொல்தாவரவியல் தரவுகளோடு பொருத்தப்பாடு பெற்றுள்ளது. ஜிங்கூப்சிடா மற்ற இரண்டு வகுப்புகளுக்கு இணையான ஒரு வகுப்பாகவும், ஒரு தனிப்பட்ட வகுப்பாகவும், ஒரு முக்கியமான பரிணாமக் கால் வழியாகவும் கருதப்பட்டு உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இது மேற்கூறிய வகைப்பாட்டு ஒருங்குகள் எவற்றிலும் காணப்படாத ஒரு சிறப்பான வேறுபாடாகும். இந்த வகுப்பில் கலமோபிட்டியேசி கல்லிஸ்டோஃபைடேல்ஸ், கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் (= ஆர்பேரியேல்ஸ்) பெல்டாஸ்பெர்மேல்ஸ், கேய்டோனியேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ் போன்றவை சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. சைகடாப்சிடாவும் பைனாப்சிடாவும் ஓரளவுக்கு இயற்கையானத் தொகுதிகளாகும். நீட்டேல்ஸ், வெல்விட்ஸ்கியேல்ஸ் ஆகிய இரண்டையும் மேயன் சைகடாப்சிடாவின் கீழ் வைத்துள்ளார்; எனினும் இதற்கான அடிப்படைக் காரணங்கள் அவரால் குறிப்பிடப்படவில்லை. எஃபீட்ரேல்ஸ் தொகுதியை அவர் ஜிங்கூப்சிடாவில் இணைத்துள்ளார்; இதற்குக் காரணம் இவற்றின் தட்டையான விதையும் கோடுகள் கொண்ட மகரந்தத் தூள்களும் தான். மேயனின் கூற்றுப்படி அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் ஜிம்னோஸ்பெர்ம் முன்னோடித் தொகுதியிலிருந்து, குறிப்பாக ஆர்க்கியாப்டெரிடேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து, தோன்றியன ஆகும்.

## V. வளரியல்பும், புறத்தோற்ற அமைப்பும்

### 1. வளரியல்பு

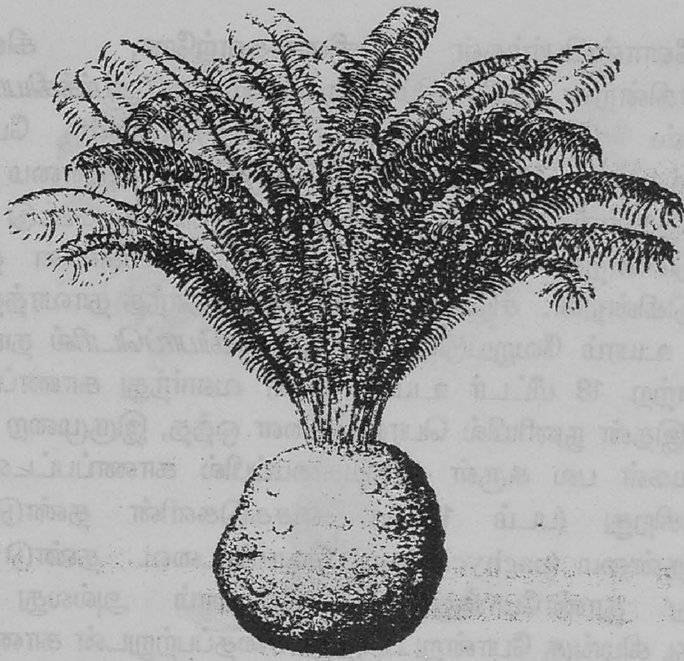
முன்னமே கூறப்பட்டபடி ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் பொதுவாக குறுஞ்செடிகள் (herbs) கிடையாது. அனைத்துமே குறுமரங்களாகவோ (shrubs) மரக்கொடிகளாகவோ (lianes), மரங்களாகவோ (trees) இருக்கின்றன. இவற்றிற்கு விதிவிலக்குகள் நியூசிலாந்தில் காணப்படும் *டாக்ரிடியம் லேக்சிஃபோலியம்*, *ஜாமியா பிக்மேயியா* ஆகியவையாகும். இவற்றில் முதலில் கூறப்பட்ட ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தான் மிகச்சிறிய ஜிம்னோஸ்பெர்ம் ஆகும்; இதன் முழுதும் வளர்ந்த தாவரம் ஏறத்தாழ 8 செ.மீ. உயரம் மட்டுமே உள்ளது. *ஜாமியா பிக்மேயியா* 2 முதல் 3 செ.மீ. விட்டமும், ஏறத்தாழ 25 செ.மீ. உயரமும் கொண்ட தாவரமாகும்; இதன் தண்டு பெரும்பாலும் தரைக்கடியிலேயே புதைந்து காணப்படுகிறது. ஒரு சில *எபீஃட்ரா* சிற்றினங்களும் செடிகளாகக் காணப்படுகின்றன என்றாலும், இவற்றில் குறுக்கு வளர்ச்சி காணப்பட்டு இரண்டாம் நிலை சைலமும், ஃபுளோயமும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. மேலும் இவை அதிக அளவு கிளைத்தவை. *ஜாமியா*வின் ஒரு சிற்றினம் தொற்றி வளரும் தாவரமாகக் (epiphyte) காணப்படுகிறது. *போடோகார்பஸ் உஸ்டஸ்* என்ற நியூகலினோடிய ஜிம்னோஸ்பெர்ம் *டாக்ரிடியம் டேக்சாய்டஸ்* என்ற தாவரத்தின் வேரின் மேல் பகுதி ஒட்டுண்ணியாக (partial parasite) வளர்வதாகக் கூறப்பட்டுள்ளது.

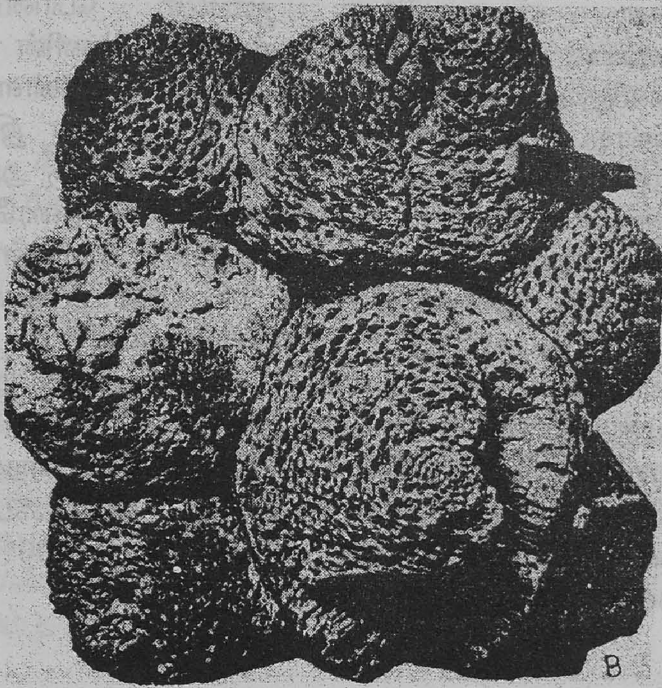
*வெல்ட்ஸ்கியா*வின் வளரியல்பும், தொல்லுயிர் ஜிம்னோஸ்பெர் தாவரமான *சைகடியாய்டியா*வின் வளரியல்பும் (படம் 142) சிறப்புத்தன்மை வாய்ந்தவையாகும். *வெல்விட்ஸ்கியா*வின் வளரியல்புக்கு இணையான வளரியல்பை எந்தவித நிலத்தாவரமும் பெற்றிருக்கவில்லை. இதன் வளரியல்பை ஒரு மிகப்பெரிய டர்னிப் (turnip) தாவரத்திற்கு ஒப்பிடலாம். இதன் தண்டு ஒரு தலைகீழ் கூம்பு வடிவம் கொண்டது; விட்டம் 1 மீட்டருக்கும் அதிகமானது; மண்ணில் புதைந்து காணப்படுகிறது; மரத்தன்மை கொண்டது. இது எதிரெதிர் அமைந்த, வாழ்நாள் முழுவதும் உயிர் வாழக்கூடிய, இரண்டு இலைகளை மட்டுமே உண்டாக்குகிறது. இத்தாவரத்தின் வாழ்நாள் 2000 ஆண்டுகளுக்கும் மேற்பட்டதாகும். இத்தகைய ஒரு தாவரம் படம் 141–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தாவரத்தை இயற்கைச் சூழலில் முதன்முதலில் கண்ட பியர்சன் (Pearson 1929)

என்ற தாவரவியல் அறிஞர் இத்தாவரத்தின் வளரியல்பை பின்வருமாறு விவரித்தார்: "இதன் தாவரம் ஒரு செடியுமல்ல, ஒரு குறுமரமுமல்ல, ஒரு மரமுமல்ல" (Neither a herb, nor a shrub, nor a tree). தொல்லுயிர் எச்சத் தாவரமான *சைகடியாய்டியா*வின் வளரியல்பும் சிறப்புத்தன்மை கொண்டது. இதன் தண்டு தடித்துப் பருத்து, கோளவடிவம் கொண்டது; ஒரு பெரிய பந்து போன்றது; இதன் பரப்பில் பல சுருள் ஒழுங்கில் அமைந்த பல இலையடிப் பகுதிகள் காணப்பட்டன. இது மண்ணின் பரப்பிலேயே பல கிளைகளை உண்டாக்குகிறது (படம் 142 A, B).



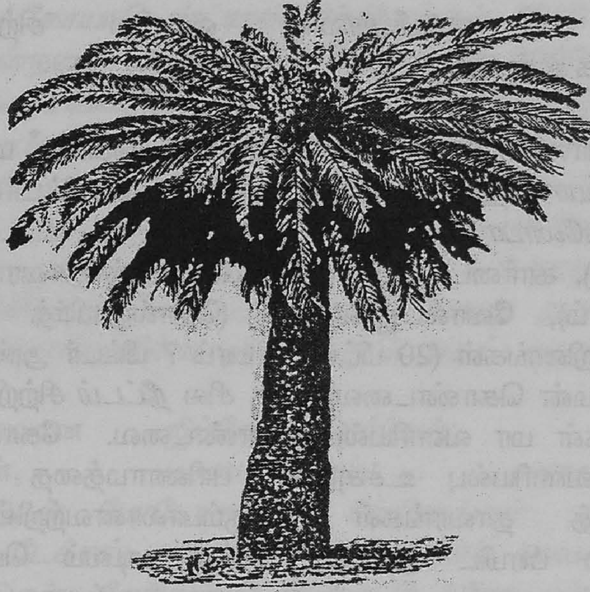
படம் 141: *வெல்விட்ஸ்கியா மிராபிலிஸ்.* ஏறத்தாழ 2000 வயது கொண்ட ஒரு தாவரம். பட உதவி : Von Willart




**படம் 142:** A. *சைகடியாய்டியா.* A. தாவரத்தின் மீள்கட்டமைப்பு. B. அதிகப்படியான கிளைத்தலைக் கொண்ட *சை.மார்ஷியானா.* பட உதவி : Delevoryas; B. Wieland

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் கிளைகளற்றோ, கிளைத்தோ காணப்படுகின்றன. புரோஜிம்னோஸ்பெர்மான *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்,* சைகடேல்ஸ் தொகுதியின் பல சிற்றினங்கள் போன்றவை கிளைகளற்றவை. இவற்றில் வெவ்வேறு தடிப்புத்தன்மை கொண்ட ஒரு மையத்தண்டு காணப்பட்டு தண்டின் நுனியில் கூட்டு இலைகள் காணப்படுகின்றன. தண்டின் பரப்பில் இலைகளின் தழும்புகள் காணப்படுகின்றன. சிற்றினத்திற்கேற்ப முதிர்ந்த தாவரத்தின் மைய தண்டின் உயரம் வேறுபடுகிறது. *ஆர்க்கியாப்டெரில்* தாவரம் ஒரு கிளைகளற்ற, 18 மீட்டர் உயரம் வரை வளர்ந்து காணப்பட்ட மரம் என்றும், இதன் நுனியில் பெரணிகளை ஒத்த, இருமுறை கிளைத்த, கூட்டிலைகள் பல சுருள் ஒருங்கமைப்பில் காணப்பட்டன என்றும் கூறப்படுகிறது (படம் 138A). சைகடுகளின் தண்டு தடிப்புத் தண்டுத்தன்மை (pachycaulous) கொண்டவை. தண்டு தரைமேல் அமைந்து தூண்போன்று காணப்படலாம் அல்லது தலைகீழ் அமைந்து, கிழங்கு போன்று பருத்து, சதைப்பற்றுடன் காணப்படலாம். *போவேனியா, ஸ்டான்ஜீரியா, ஜாமியா* பேரினங்களிலும், *மேக்ரோஜாமியா, என்செஃபலார்டோஸ்* பேரினங்களின் ஒரு சில சிற்றினங்களிலும் தண்டு ஏறத்தாழ கோளவடிவமாக அமைந்துள்ளது. *ஜாமியா புமில்லா, ஸ்டான்ஜீரியா இரியாப்சிஸ்* போன்றவற்றின் செங்குத்துத் தண்டுகள் மண்ணுக்கு அடியிலேயே புதைந்து காணப்படுகின்றன. பல சைகடுகளின் தரைமேல்தண்டு கிளைகளற்று பனைமரத்தை ஒத்த அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன (படம் 143). கிளைகள் இல்லையெனினும், பல முதிர்ந்த தாவரங்களில் கிளைகள், காயங்களின் காரணமாகவோ, பூச்சிகளின் தாக்கங்களினாலோ தோன்றலாம். சைகட் வகைத் தாவரங்கள் மிகவும் மெதுவான வளர்ச்சியைக் கொண்டவை. எடுத்துக்காட்டாக, *மேக்ரோஜாமியா* சிற்றினங்கள் 1 மீ உயரம் எட்ட ஏறத்தாழ 100 ஆண்டுகளை எடுத்துக் கொள்கின்றன; *என்செஃபலார்டோஸ்* சிற்றினங்கள் 1.5 முதல் 1.75 மீட்டர் உயரம் வளர 200 முதல் 300 ஆண்டுகளை எடுத்துக் கொள்கின்றன.



படம் 143: *சைகஸ் ரிவல்யூட்டா.* கிளைகள் இல்லாத பனை ஒத்த தாவரம். பட உதவி : Strasburger

ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் மரமாகக் காணஃப்படாமல் தடிப்பான, கிளைத்த, தண்டுகளைக் கொண்ட கொடிகளாகவோ மர்க்கொடிகளாகவோ இருக்கின்றன. தொல்லுயிர் எச்சங்களான பல டெரிடோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் மெல்லிய தண்டுப் பகுதிகளைக் கொண்ட, நேராக நிற்கமுடியாத, ஏறு கொடிகளாகவோ, குறுமரங்களாகவோ வளர்ந்தவை என்று கருதப்படுகின்றன. *எஃபீட்ரா*வின் சில சிற்றினங்கள் மரக்கொடிகளாக உள்ளன; இவற்றின் தண்டுகள் நீண்டு, இணைப்புகள் (joints) கொண்டு காணப்படுகின்றன. *நீட்டம்* பேரினத்தின் சில சிற்றினங்களும் மிகவும் தடித்த தண்டுகளைக் கொண்ட மரக்கொடிகளாகும். *ஜூனிபெரஸ் ஹரிஜான்டேலிஸ்* என்ற தாவரம் தரையோடு படர்ந்து காணப்படும் தாவரமாகும்.

பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், குறிப்பாக கோனிஃபரேல்ஸ் தொகுதித் தாவரங்கள், குறுமரங்களாக உள்ளன. பைனேசி, கியூப்ரசேசி, செபஃலோடேக்சேசி, டேக்சேல்ஸ் போன்ற தொகுதிகளின் ஒரு சில சிற்றினங்கள் குறுமரங்களாகும்.

இதேபோன்று *எஃபீட்ராவின்* ஒருசில சிற்றினங்களும் குறுமரங்களாக உள்ளன.

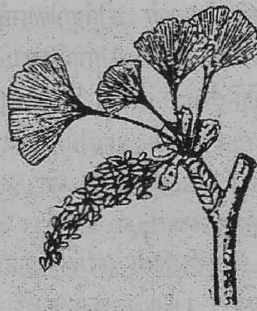
பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் பெரிய மரங்களாகும். *மேக்ரோஜாமியா ஹோப்பிஜ* (ஏறக்குறைய 20 மீட்டர்கள் உயரம்), *ஜிங்கோ பைலோபா* (30 மீட்டர் உயரமும் 1.5 மீட்டர் அகலமும் கொண்டவை), கார்டைட்டேல்ஸ் (தொல்லுயிர்த் தாவரங்கள்) (5–30 மீட்டர் உயரம்), வோல்ட்ஜியேல்ஸ் (தொல்லுயிர்த் தாவரங்கள்), *டேக்சஸ்* சிற்றினங்கள் (20 மீட்டர் உயரம் 7 மீட்டர் அல்லது அதற்கு மேலான பருமன் கொண்டவை), ஒரு சில *நீட்டம்* சிற்றினங்கள், பல கோனிஃபர்கள் மர வளரியல்பு கொண்டவை. கோனிஃபர்களில் தான் மர வளரியல்பு உச்சநிலை பரிணாமத்தை எட்டியுள்ளது. இத்தொகுதித் தாவரங்கள் பெரும்பாலானவற்றின் மரங்கள் இளம்வயதில் பிரமிட் அல்லது கூம்பு வடிவம் பெற்று, நன்கு வளர்ந்தவுடன் ஒரு உருண்டையான அல்லது தட்டையான நுனிப்பகுதியைக் கொண்டிருக்கின்றன. பல கோனிஃபர்களில் மையத்தண்டு தரையிலிருந்து பல மீட்டர் உயரம் வரை கிளைகளற்று காணப்படுகின்றன. உலகிலேயே மிக உயரமான மரங்கள் சில கோனிஃபர்களைச் சார்ந்தவையாகும். உலகின் மிக உயர்ந்த மரம் கலிஃபோர்னியாவில் காணப்படும் சிவப்புக்கட்டை (redwood) மரமான *சிக்கோயா செம்பெர்வைரென்ஸ்* (டேக்சோடியேசி குடும்பம்) ஏறத்தாழ 100 மீட்டரைவிட அதிக உயரம் வளரக்கூடியதாகும். இதேபோன்று *சிக்கோயோடென்ட்ரான் ஜைகான்டியம்* (டேக்சோடியேசி குடும்பம்) சராசரியாக 16 மீட்டர் உயரமும் 9 மீட்டர் அகலமும் கொண்டதாகும். இச்சிற்றினத்தைச் சேர்ந்த ஒரு உயிருள்ள மரம் 90 மீட்டர் உயரமும் 33.5 மீட்டர் விட்டமும் கொண்டு காணப்படுகிறது. *டாக்ரிடியம் குயூப்ரசினம்* ஏறத்தாழ 55 மீட்டர் உயரம் வளரக்கூடியது. பல பெரிய மரங்களில் அவற்றை நன்கு ஊன்றி வளர உதவும் வகையில் மிக நன்கு வளர்ந்த உதைப்பு வேர்கள் (buttress roots) காணப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகள்: *டேக்சோடியம் டைஸ்டிககம், கேமேசைபாரிஸ், கிரிப்டோமீரியா* போன்ற பேரினங்களின் ஒரு சில சிற்றினங்கள்.

மரங்கள் வளரியல்பாக பெற்ற தாவரங்களின் வாழ்நாள் காலம் பெரிதும் மாறுபடுகிறது. ஒரு சில வருடங்களிலிருந்து பல ஆயிரம் ஆண்டுகள் வரை இம்மரங்கள் உயிர் வாழலாம். *பைனஸ் ஏசியாட்டிகா* ஏறத்தாழ 4600 ஆண்டுகளுக்கு மேல் உயிர்வாழக்

கூடியது. *சிக்கோயாடென்ட்ரான்* சிற்றினங்கள் 3000 ஆண்டுகள் உயிர் வாழ்கின்றன. *சிக்கோயா* சிற்றினங்கள் 2000 ஆண்டுகள் உயிர்வாழக் கூடியவை. இந்தியாவின் டேராடூன் நகரத்தின் காடுகள் ஆய்வு நிறுவனத்தில் (Forest Research Institute) வைக்கப்பட்டுள்ள *சீட்ரஸ் டியோடோரா*வின் மையத்தண்டின் குறுக்குவெட்டுக் கட்டை ஏறத்தாழ கி.பி.12–ஆம் நூற்றாண்டில் சிறிய செடியாக தொடங்கி 20–ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் (ஏறத்தாழ 8–9 நூற்றாண்டுகள்) இறந்த மரத்திலிருந்து வெட்டப்பட்டதாகும் (வயது அதன் ஆண்டு வளையங்களின் எண்ணிக்கையிலிருந்து பெறப்பட்டதாகும்).

பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், குறிப்பாக கோனிஃபர்கள், பசுமையிலைத் தாவரங்களாகும். எடுத்துக்காட்டுகள் *போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்கள், *ஆரக்கேரியா* சிற்றினங்கள், *டேக்சஸ்.* ஒரு சில இலையுதிர்த் தாவரங்களாகும். எடுத்துக்காட்டுகள்: *லேரிக்ஸ் டெசிடுவா, டேக்சோடியம் டைஸ்டிகம், சூடோலேரிக்ஸ்* சிற்றினங்கள், *மெட்டாசிக்கோயா* சிற்றினங்கள். *வெல்விட்ஸ்கியா* ஒரு பாலைவனத் தாவரமாகும். *ஃபில்லோகிளேடஸ்* என்ற பேரினம் (போடோகார்பேசி குடும்பத்தைச் சார்ந்தது) இலைத் தொழில் தண்டுகளைப் (Phylloclades) பெற்றுள்ளது.

ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் இரண்டு வகையான கிளைகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவற்றிற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகள் *ஜிங்கோ*வும், *பைனஸ்* சிற்றினங்களும் ஆகும். ஒரு சில கிளைகள் நீண்டு வளர்ந்து, பல சிறு கிளைகளைப் பெற்று, இலைகளைத் தாங்கியுள்ளன. இவை *நீள்தண்டுத் தொகுதிகள்* (*long shoots*) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஒரு சில கிளைகள் மிகக் குட்டையானவை; மேலும் கிளைக்காதவை. இவை *குட்டைத் தண்டுத் தொகுதிகள்* (*dwarf shoots or spur shoots*) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. (படம் 144) *நீட்டம்* பேரினத்திலும் இரண்டு வகைக் கிளைகள் காணப்படுகின்றன. ஆனால் இவற்றிற்கிடையே குறிப்பிடத்தக்க, நிலையான வேறுபாடுகள் காணப்படுவதில்லை. *ஜிங்கோ*வின் குட்டைக் கிளைகளை எளிதாக நீள் கிளைகளாக மாற்றமுடிகிறது; இவற்றின் தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுக்களிடையே எந்த வேறுபாடும் காணப்படவில்லை.

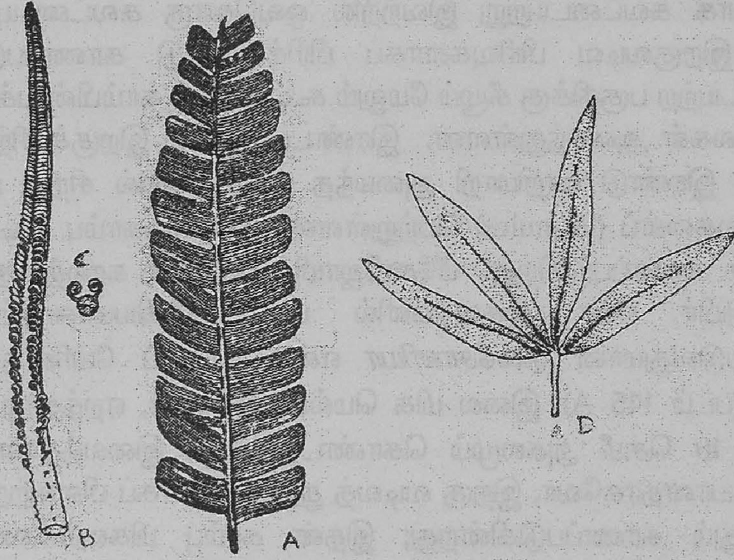


படம் 144: *ஜிங்கோ.* நீள்தண்டும், அதிலிருந்து தோன்றும் குட்டைத்தண்டும். பட உதவி: Gangulee and Kar.

## இலை ( Leaf)

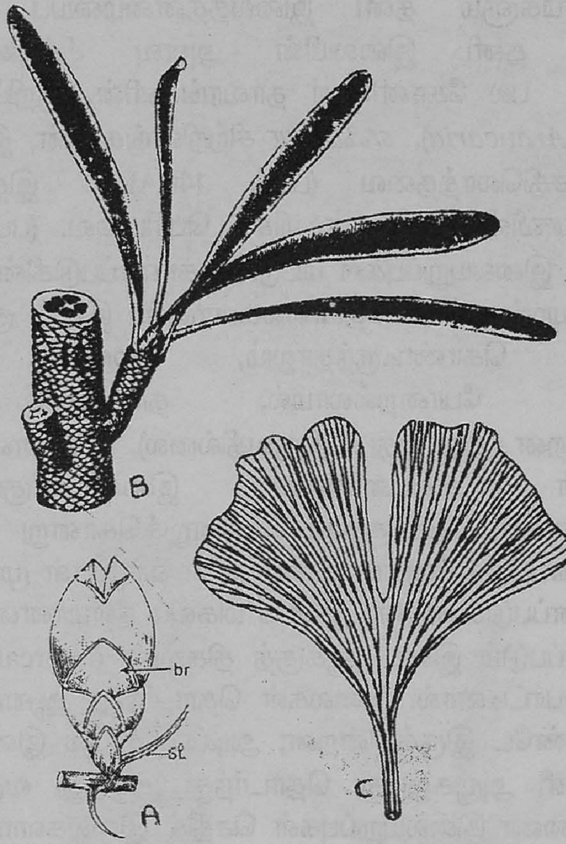
தற்போது உயிர் வாழும் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், தொல்லுயிர் எச்ச ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் ஆகிய அனைத்திலும் தண்டுத் தொகுதி இலைகளை பெற்றுள்ளன. இலைகள் தனி இலைகளாகவோ கூட்டு இலைகளாகவோ இருக்கலாம். கூட்டு இலைகள் புரோஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், டெரிடோஸ்பெர்ம்கள் ஆகிய தொல்லுயிர் எச்ச ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும், ஒருசில தொல்லுயிர் எச்ச சைகடியாய்களிலும் (*டிலோஃபில்லம்,, டாக்டியோஜாமைட்டஸ்*), சைகடுகளிலும், தற்போது உயிர்வாழும் சைகடுகளிலும் காணப்படுகின்றன. புரோஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் இலைகள் (ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்) இருமுறை கிளைத்த இறகுவடிவ கூட்டிலைகளாகும் (படம் 138A). டெரிடோஸ்பெர்ம்களில் தண்டோடு இணைந்த இடத்திலிருந்து ஏறத்தாழ 10 செ.மீ நீளத்திற்கு பின்பு இலை இரண்டாக கவட்டையுற்று இவற்றில் ஒவ்வொரு கவட்டையும் மூன்று முறை இறகுவடிவ பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு காணப்படுகின்றன; கவட்டையுற்ற பகுதிக்கு கீழும் மேலும் கூட்டிலைக் காம்பின் பக்கவாட்டில் இறகிலைகள் அமைந்துள்ளன. இரண்டாம் நிலை இறகுச் சிற்றிலைகள் (Pinnae) இரண்டு மாறிமாறி அமைந்த வரிசைகளில் சிறிய மீ இறகுச் சிற்றிலைகளைப் (Pinnules) பெற்றுள்ளன. இலைக்காம்பு அடியில் சற்று பருத்துக் காணப்படுகிறது. மீசோஜோயிக் பேரூழிக் காலத்தைச் சேர்ந்த தொல்லுயிர் எச்ச சைகடுகளில் மிக முக்கியமானதும், பரந்து காணப்படுவதுமான *நில்சோனியா* என்ற இலைப் பேரினத்தில் (leaf genus) (படம் 145 A), இலை மிக மெல்லியதாகவும், ஏறத்தாழ 60 செ.மீ நீளமும் 10 செ.மீ அகலமும் கொண்டதாகவும், இலைத்தாள் (lamina) முழுமையானதாகவோ, இறகு வடிவத் துண்டுகளாகப் பிளவுற்றதாகவோ அமைந்தும் காணப்படுகின்றது; இதன் காம்பு மிகவும் வலிவானது. தற்போது உயிர்வாழும் சைகடுகள் அனைத்திலும் இலை இறகுவடிவ கூட்டிலை வகையானதாகும். இலை 5 அல்லது 6 செ.மீ (*ஜாமியா பிக்மேயியா*) நீளத்திலிருந்து ஏறத்தாழ 3 மீ நீளம் வரை (*சைகஸ் சர்சினாலிஸ்)* இருக்கலாம். (படம் 143). இலை மிகவும் வன்மையானதாகவும், நார்த்தன்மை கொண்டதாகவும் உள்ளது. இலை ஒரு முறை (பெரும்பாலான சைகடுகள்) அல்லது இருமுறை பிளவுற்ற (*போவேனியா*) இறகு வடிவ கூட்டிலையாகும். மொட்டுக்குள் இளம்

இலை கடிகாரச்சுருள் போன்ற இலையொழுங்கை பெற்றுள்ளது; இந்தச் சுருள்தன்மை *போவேனியாவில்* காணப்படுவது போன்று இலைக்காம்பிலும், இறகுச் சிற்றிலைகளிலும் காணப்படலாம், அல்லது *சைகஸ்* சிற்றினங்களில் காணப்படுவது போன்று இறகுச் சிற்றிலைகளில் மட்டும் காணப்படலாம் (படம் 145 B,C) அல்லது *ஸ்டான்ஜீரியாவிலும்*, *ஜாமியாவிலும்* இருப்பதுபோன்று கூட்டிலைக் காம்பில் மட்டும் காணப்படலாம். தொல்லுயிர் எச்ச ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களான கேய்டோனியேல்ஸ் தொகுதியின் இலைச் சிற்றினமான *சாஜினாப்டெரிஸ் பிலிப்ஸ்சிஐ* கைவடிவ கூட்டிலையமைப்பை (palmately compound) பெற்றதாகும்; இதன் கூட்டிலைக்காம்பு மென்மையானது; இதன் நுனியில் நான்கு நீண்ட சிற்றிலைகள் காணப்படுகின்றன (படம் 145 D).




படம் 145: A. *நில்சோனியா காம்ப்டா*. இறகுவடிவ கூட்டிலை. B,C.–ன் *சைகஸ் ரிவல்யூட்டா*. B. கடிகாரச்சுருள் அமைப்பு கொண்ட சிற்றிலைகள். C. இளம் கூட்டிலைக்காம்பின் குறுக்குவெட்டு. சிற்றிலைகள் சுருள் அமைப்பு கொண்டிருத்தல். D. *சாஜினாப்டெரி* கைவடிவக் கூட்டிலை. பட உதவி: A. Andrews; B,C. Foster and Gifford; D. Thomas.

மேற்கூறிய ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களைத் தவிர்த்த அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் தனி இலைத்தன்மையைப் (simple leaf) பெற்றவை. தனி இலையின் அளவு சிற்றினங்களுக்கேற்ப வேறுபடுகிறது. பல கோனிஃபர் தாவரங்களின், குறிப்பாக ஒரு சில *ஆரக்கேரியா* (*Araucaria*), *எஃபீட்ரா* சிற்றினங்களின், இலைகள் மிகச் சிறியவை, செதிலொத்தவை (படம் 146A). இதற்கு மாறாக, *வெல்விட்ஸ்கியா*வின் இலைகள் மிகப் பெரியவை. (படம் 141) இதில் மூன்று இணை இலையுறுப்புகள் மட்டுமே காணப்படுகின்றன: (i) முதல் இணை இலையுறுப்புகள் விதையிலைகளாகும்; இவை குறைந்த அளவு வளர்ச்சியைக் கொண்டிருந்தாலும், ஏனைய தாவரங்களில காணப்படுவது போன்றல்லாமல், தாவரத்தில் நிலைத்து காணப்படுகின்றன (அதாவது உதிருவதில்லை). (ii) இரண்டாம் இணை இலையுறுப்புகள் உண்மையான இலைகளாகும். இவை விதையிலைகளுக்கு செங்குத்தாக, ஒன்றுக்கொனறு நேர் எதிராக, அமைந்து காணப்படுகின்றன. தாவரத்தின் வாழ்நாள் முழுவதும் இவை நிலைத்து காணப்படுகின்றன. இவை மிகவும் நீளமானவை; இவற்றின் அடியில் காணப்படும் இடை ஆக்குத் திசுவின் (intercalary meristem) தொடர் செயல்பாட்டினால், இலைகள் தொடர்ந்து, ஆனால் மெதுவாக, வளர்ந்து கொண்டே இருக்கின்றன; அடிப்பகுதியில் இலை வளரவளர, இலையின் நுனி அழுகலுற்று தொடர்ந்து அழிந்து வருகிறது. (iii) மூன்றாவது இணை இலையுறுப்புகள் செதில் இலைகளாகும்; இவையும் நிலைத்து காணப்படுபவை; இவை செங்குத்தாக, தொடர்ந்து (ஆனால் மெதுவாக), வளர்கின்றன; இவற்றின் வளர்ச்சியும் ஒரு இடையாக்குத் திசுவின் காரணமாகத் தான் ஏற்படுகிறது.

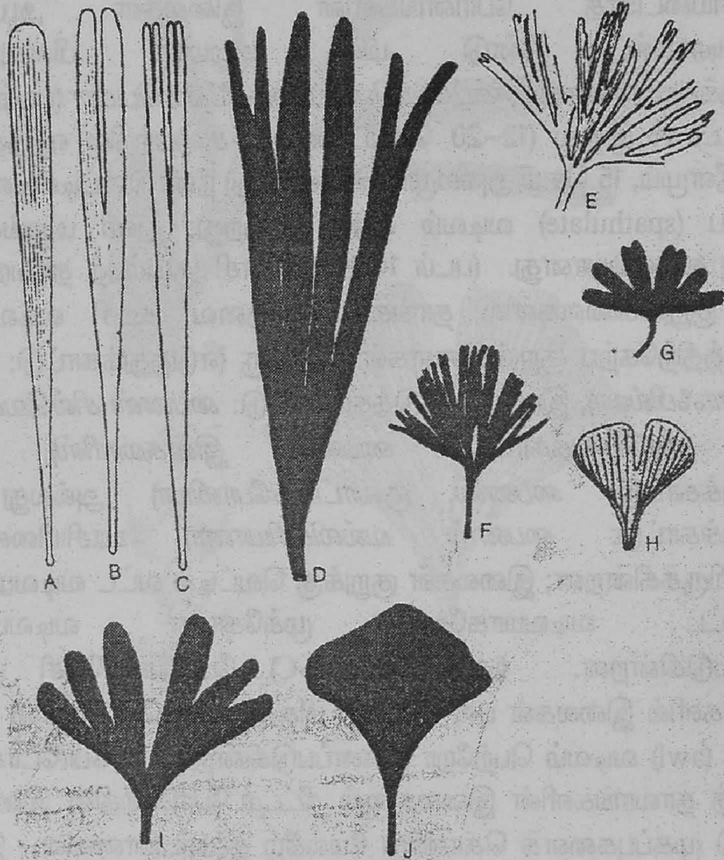



படம் 146: A. *எஃபீட்ராவின்* செதிலொத்த இலைகள் (sl) பெண் கூம்பும் காட்டப்பட்டுள்ளது. B. *பென்டோசைலானின்* மீள்கட்டமைப்பு. நாடாவடிவ *நிபானியோஃபில்லம்* இலைகளுடன். C. *ஜிங்கோ.* விசிறி வடிவ இலை. பட உதவி: A. Tiagi; B. Sahni; C. Stewart.

தனி இலையின் உருவம் சிற்றினங்களுக்கேற்ப வேறுபடுகிறது. பென்டோசைலேல்ஸ் தொகுதியின் இலையான *நிபானியோஃபில்லம்* நாடா வடிவமானது (படம் 146B). *ஜிங்கோவின்* இலை நீண்ட இலைக்காம்புடன் விசிறி அல்லது ஆப்பு வடிவானது; பல்வகையான

மடல்களாக பிளவுபட்டது. (படம் 146C) தொல்லுயிர் எச்ச ஜிங்கோவேல்ஸ் தொகுதியைச் சேர்ந்த இலைகள் (7 அல்லது 8 மீசோஜோயிக் இலைப் பேரினங்களைச் சேர்ந்தவை) (எடுத்துக்காட்டாக: இலைக்காம்பு பெற்றிராத *பெயீரா* இலைக்காம்பு பெற்ற *ஜிங்கோஜட்ஸ்*) பெரும்பாலும் ஆப்பு வடிவானவை என்றாலும், இவற்றில் அதிக பரிணாம வளர்ச்சியடையாத பேரினங்களின் இலைகள் ஆப்புவடிவம் கொண்டிராமல், நீண்டு மிக ஆழமாக பிளவுபட்டவை. (எடுத்துக்காட்டுகள்: *ஆர்க்ட்டோபெயீர, ஸ்ஃபீனோபெயீரா* (படம் 147A-J). *கார்டைட்டஸ்* இலை (12–20 செ.மீ நீளமும், சிலவற்றில் ஏறத்தாழ 1 மீ அளவு நீளமும், 15 செ.மீ அகலமும் கொண்டது) நீண்டு ஈட்டிவடிவம் முதல் அகப்பை (spathulate) வடிவம் வரை பெற்றது; நுனி மழுங்கலானது அல்லது கூர்மையானது. (படம் 148) பைனேசி குடும்பத் தாவரங்களின் இலை குறுங்கிளைகளில் தாங்கப் பெற்றவை; ஊசி வடிவானவை. சிற்றினத்திற்கேற்ப குறுங்கிளைகள் ஒரேஒரு (எடுத்துக்காட்டு: *பைனஸ் மோனோஃபில்லா*), இரண்டு (எடுத்துக்காட்டு: *பைனஸ் சில்வெஸ்டிரிஸ்*), மூன்று (எடுத்துக்காட்டு: *பைனஸ் இன்சுலாரிஸ்*), நான்கு (எடுத்துக்காட்டு: *பைனஸ் குவாட்ரிஃபோலியா*) அல்லது ஐந்து (எடுத்துக்காட்டு: *பைனஸ் வல்லிச்சியானா*) ஊசியிலைகளைத் தாங்கியிருக்கின்றன; இலைகள் குறுக்கு வெட்டில் வட்ட வடிவமாகவோ, அரைவட்ட வடிவமாகவோ, முக்கோண வடிவமாகவோ காணப்படுகின்றன. (படம் 149 A-C) டேக்சோடியேசி குடும்பத் தாவரங்களில் இலைகள் புல் போன்று மிகவும் நீண்டோ (linear) அல்லது சிலாம்பு (awl) வடிவம் பெற்றோ காணப்படுகின்றன. போடோகார்பேசி குடும்பத் தாவரங்களின் இலைகளும் *நீட்டம்* பேரினத்தின் இலைகளும் இரண்டு முகப்புகளைக் கொண்டு மேல்கீழ் தட்டையானவை; இரட்டை விதையிலைத் தாவர இலைகளை ஒத்தவை. *நீட்டத்தில்* இலைகள் குறுங்கிளைகளின் நுனியில் கொத்தாக அமைந்து காணப்படுகின்றன; இலைத்தாள் பெரியவை, முட்டை வடிவானவை, (பிளவுகள் கொண்டிராமல்) முழுமையானவை (படம் 150E). ஆரக்கேரியேசி குடும்பத்தின் ஒருசில சிற்றினங்களின் இலைகள் பெரியவை, மெல்லியவை அல்லது தடிப்பானவை, தட்டையானவை (படம் 150A-D); இளம் தாவரத்தின் இலைகள் ஊசிவடிவானவை, தட்டையானவை, சிறியவை; இலைகளின் அளவும் உருவமும் ஒரே மரத்தில் மிகவும் வேறுபாடுற்று காணப்படும். செஃபலோ–டேக்சேசி டேக்சேசி ஆகிய

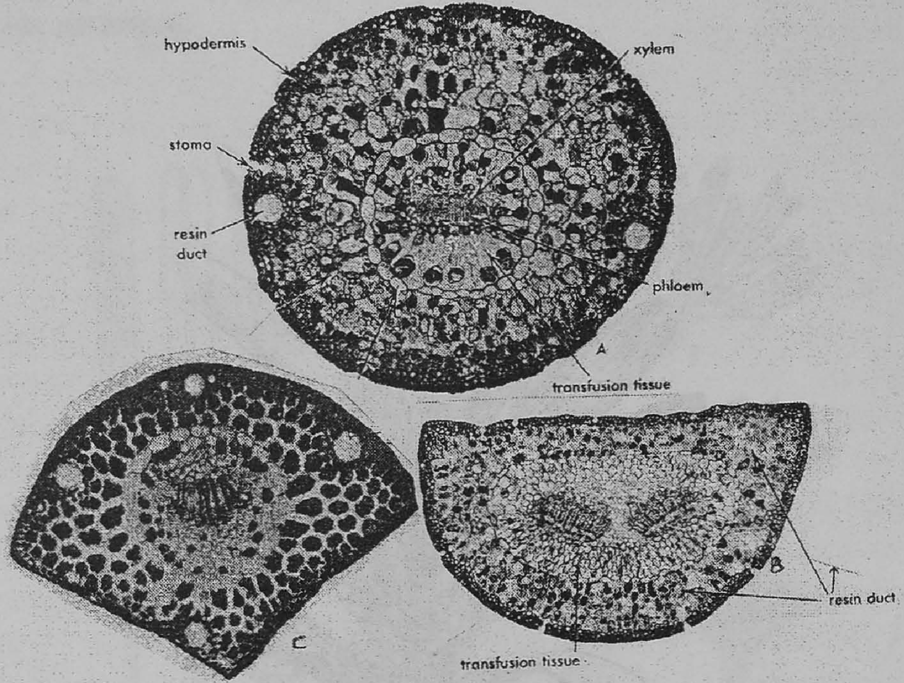
இரண்டு குடும்பத் தாவரங்களின் இலைகளும் நீளமானவை, புல் போல் மிகவும் நீண்டவை (linear), கூர்மையான நுனி கொண்டவை; மேல்கீழ் தட்டையானவை.



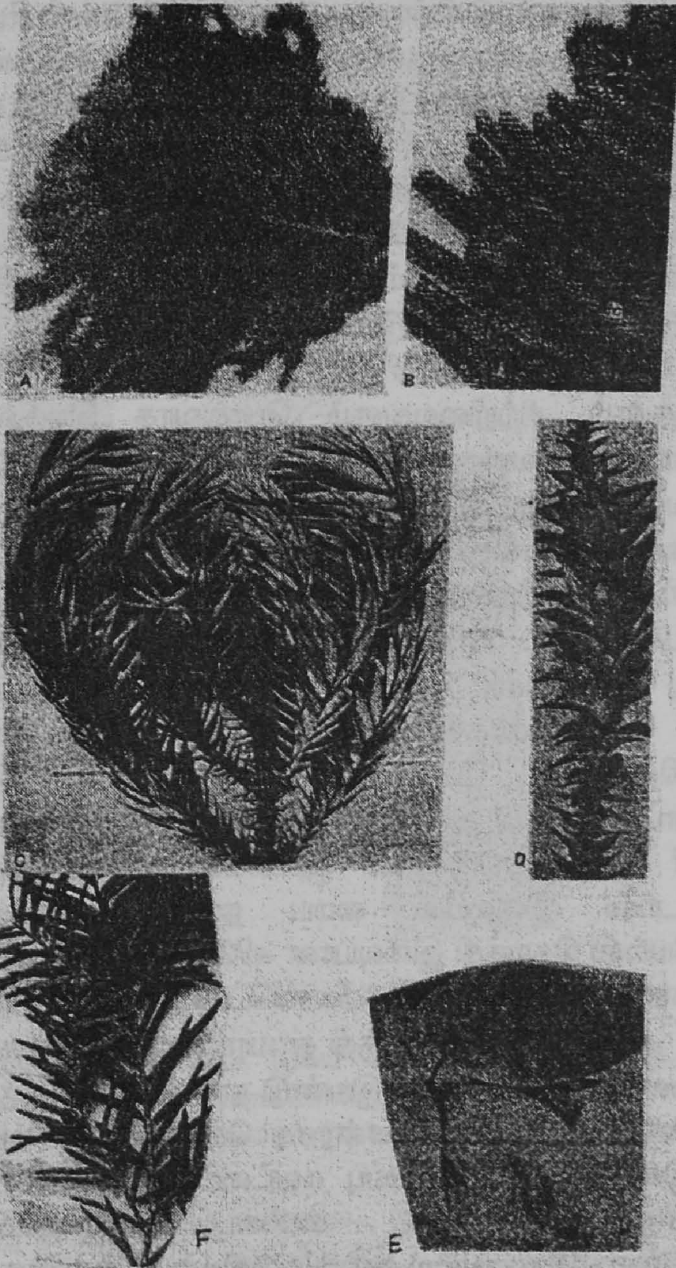

படம் 147: தொல்லுயிரெச்ச ஜிங்கோவேல்ஸ் தொகுதியின் இலை வடிவங்கள். A,B. *ஆர்க்டோபெயீரா.* C. *ஸ்ஃபீனோபெயீரா.* D,E. *பெயீரா.* F. *ஜிங்கோய்டஸ் மைனூரட்டா.* G. *ஜி.டீனியேட்டா.* H. *ஜிங்கோய்டியம்.* I. *ஜிங்கோ டிஜிடேட்டா.* J. *ஜி. லமாரியென்சிஸ்.* பட உதவி: A-C. Florin; D, F-H. Harris; E. Schenck; I,J. Brown; K. Andrews.



**படம் 148:** *கார்டைட்டஸ்* இலை. பட உதவி: Grand Eury



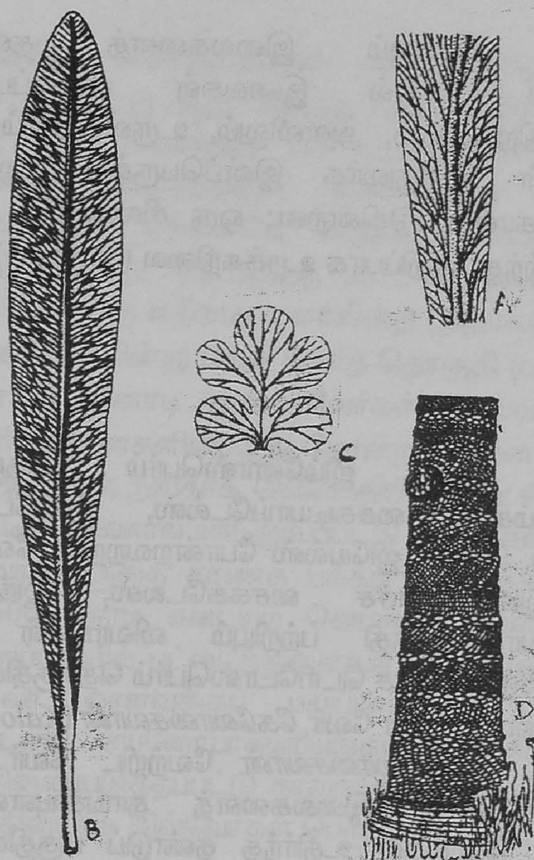

படம் 149: A. *பைனஸ் மோனோஃபில்லா.* ஊசி இலையின் குறுக்கு வெட்டு வட்ட வடிவமாக இருத்தல். B. *பை.நைக்ரா.* ஊசியிலையின் குறுக்கு வெட்டு அரைவட்ட வடிவமாக இருத்தல். C. *பை.ஜெரார்டியானா.* ஊசியிலையின் குறுக்கு வெட்டு முக்கோண வடிவமாக இருத்தல். பட உதவி: A,B. Esau; D. Konar.




படம் 150: இலைகள். A-D. ஆரக்கேரியா; E. நீட்டம்; F. *டேக்சஸ்.* பட உதவி: A-D. Stokey; E. Vimla Vasil; F. Sharma.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் பல்வேறு வகை இலையடுக்கங்கள் (phyllotaxies) காணப்படுகின்றன. டெரிடோஸ்பெர்ம்கள் (2/5 இலையடுக்கம்), சைகடியாய்டுகள் (மையத்தண்டின் நுனியில் கொத்தாக காணப்படும்), சைகடுகள், கார்டைட்டேல்ஸ், டேக்சோடியேசி, ஆரக்கேரியேசி, டேக்சேல்ஸ், ஒருசில *எஃபீட்ரா* சிற்றினங்கள் போன்றவற்றின் இலைகள் சுருள் இலையடுக்கத்தில் தண்டில் அமைந்து காணப்படுகின்றன. குயூப்ரசேசி, செஃபலோடேக்சேசி, ஒரு சில *எஃபீட்ரா* சிற்றினங்கள், நீட்டம் போன்றவற்றில் எதிரெதிர் அமைந்த இருவரிசை (decussate) இலையடுக்கம் காணப்படுகிறது.

இலைகளும், சிற்றிலைகளும் பொதுவாக இறகுவடிவ வலை நரம்பமைப்பைக் (pinnate reticulate venation) கொண்டவை; ஒரு மைய நரம்பும் அவற்றிலிருந்து தோன்றும் பக்க நரம்புகளும் இவ்வகை வலை நரம்பமைப்பை உண்டாக்குகின்றன (எடுத்துக்காட்டுகள்: *நீட்டம்*, ஒருசில *போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்கள், தொல்லுயிர் எச்ச சைகடுகள், *கிளாசாப்டெரிஸ்* (படம் 151B), *நிபானியோஃபில்லம்*, கேய்டோனியேல்ஸ் (படம் 151A), டேக்சேல்ஸ் இலைகள். டேக்சேல்ஸ் பக்கநரம்புகள் மைய நரம்பிற்குச் செங்குத்தாகவோ ஓரளவுக்குச் சாய்வாகவோ அமைந்து காணப்படுகின்றன. பக்க நரம்புகள் தொடர்ந்து கிளைக்கலாம் (எடுத்துக்காட்டு: *நீட்டம்*) அல்லது கிளைக்காமல் இருக்கலாம் (எ.கா. சில தொல்லுயிர் எச்ச சைகடுகளின் இலைகள்) *கங்கமாப்டெரிஸ்* என்ற கிளாசாப்டெரிஸ் இலையில் மைய நரம்பு காணப்படுவதில்லை. வோல்ட்ஜியேல்ஸ் தொகுதி இலையான *லிபேக்கியா*வில் ஒரே ஒரு நரம்பு மட்டும் காணப்படுகிறது. *ஸ்ஃபீனாப்டெரிஸ்* இறகுச் சிற்றிலையிலும் (படம் 151C) ஜிங்கோவேல் தொகுதி தாவரங்களின் இலைகளிலும் (படம் 146 C) இலையின் அடியிலேயே இரண்டு நரம்புகள் கிளைத்து இரண்டு இலைப் பிளவுக்கும் பிளவுக்கொன்றாக செல்கின்றன. பல பிளவுகள் கொண்ட இலைகளில் நரம்பமைப்பு கவட்டை வலையமைப்பு வகையைக் கொண்டதாகும் (படம் 147). *கார்டைட்டஸ்* இலையில் இணை நரம்பமைப்பு (parallel venation) காணப்படுகிறது (படம் 148).




படம் 151: இலை நரம்பமைப்பும், இலை வடுவும். A. *சாஜினாப்டெரிஸ்.* வலை நரம்பமைப்பு B. *கிளாசாப்டெரிஸ்.* C. *ஸ்ஃபீனாப்டெரிஸ்.* D. இலை வடு. *சைகஸ்* தண்டு. பட உதவி: A. Thomas; B. Gould; C. Arnold; D. Pant.

ஒருசில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் இலைகள் உதிர்ந்து அவை தண்டில் இணைந்திருந்த இடங்களில் வடுக்களை (leaf scars) உண்டாக்குகின்றன. இத்தகைய வடுக்கள் புரோஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், டெரிடோஸ்பெர்ம்கள் சைகடியாய்டுகள், சைகடுகள் (படம் 151D) போன்றவற்றில் சிறப்பாகக் காணப்படுகின்றன. தற்போது உயிர்வாழும் ஒரு சில சைகடுகளில் இலையடிப்பகுதி உதிராமல் தண்டோடு ஒட்டி

காணப்படுகிறது. டேக்சோடியேசி இலைகளிலும் இலையடிகள் தண்டோடு இணைந்து ஒட்டிக் காணப்படுகின்றன

ஒளிச்சேர்க்கை செய்யும் இலைகளைத் தவிர பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் செதில் இலைகள் காணப்படுகின்றன. தாவரங்களுக்கேற்ப நிறத்திலும், அளவிலும், உருவத்திலும் வேறுபட்ட இச்செதில் இலைகள் பொதுவாக இனப்பெருக்க உறுப்புகளோடு தொடர்பு கொண்டு காணப்படுகின்றன; ஒரு சிலவற்றில் தண்டுநுனி ஆக்குத்திசுவைச் சூழ்ந்து, குறிப்பாக உறக்கநிலை (dormant ) காலத்தில், காணப்படுகின்றன.

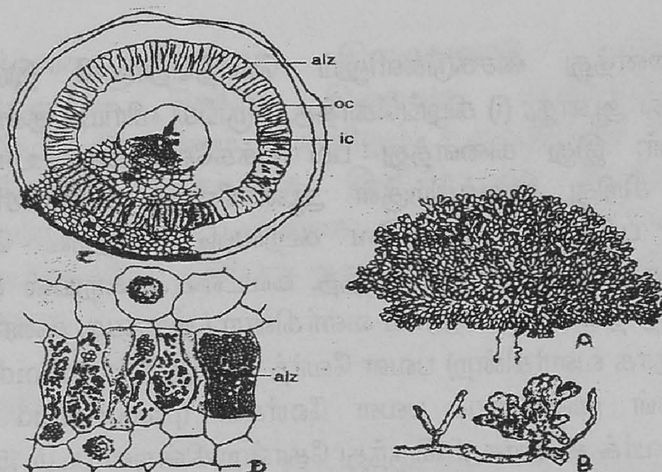
### 3. வேர்த்தொகுதி

தொல்லுயிர் எச்ச ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தொகுதிகளான புரோஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், சைகடியாய்டேல்ஸ், கேய்டோனியேல்ஸ், பென்டோசைலேல்ஸ், வோல்ட்ஜியேல்ஸ் போன்றவற்றின் வேர்த்தொகுதி பற்றியும், தொல்லுயிர் எச்ச சைக்கடேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ் தாவரங்களின் வேர்த்தொகுதி பற்றியும் விவரங்கள் கிடைக்கப் பெறவில்லை. தொல்லுயிர் எச்ச டெரிடோஸ்பெர்ம் தொகுதியைச் சேர்ந்த *லைஜினாப்டெரிஸ்* தாவரத்தின் வேர் *கேலோசைலான்* (*Kaloxylon*) என்று அழைக்கப்படுகிறது. *கேலோசைலான்* வேற்றிட வேர் வகையைச் சார்ந்தது. இவ்வேர்கள் இலைகளைத் தாங்கியுள்ள தண்டுப் பகுதிகளிலிருந்தும், இலைகள் உதிர்ந்த தண்டுப் பகுதிகளிலிருந்தும் தரையை நோக்கி உண்டாக்கப்பட்டுள்ளன, இவற்றில் பெரிய வேர்கள் ஏறத்தாழ 7 மி.மீ. தடிப்பு கொண்டவை; இவை பக்க வேர்களை உண்டாக்குகின்றன.

ஏனைய அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் ஆணி வேர்த் தொகுதி காணப்படுகிறது. ஆணிவேர் தாவரத்தின் வாழ்நாள் முழுவதும் நிலைத்து காணப்படலாம் (எடுத்துக்காட்டுகள்: கோனிஃபர்கள், டேக்சேல்ஸ், நீட்டேல்ஸ்) அல்லது தண்டின் அடிப்பகுதியிலிருந்து தோன்றும் வேற்றிட வேர்கள் ஆணிவேரை செயலிழக்கச் செய்து அழித்து விடலாம் (எடுத்துக்காட்டுகள்: தற்போதைய சைகடுகள்). ஆணிவேர் நிலைத்திருக்கும் தாவரங்களில் அதிலிருந்து பல நீண்ட பக்க வேர்கள்

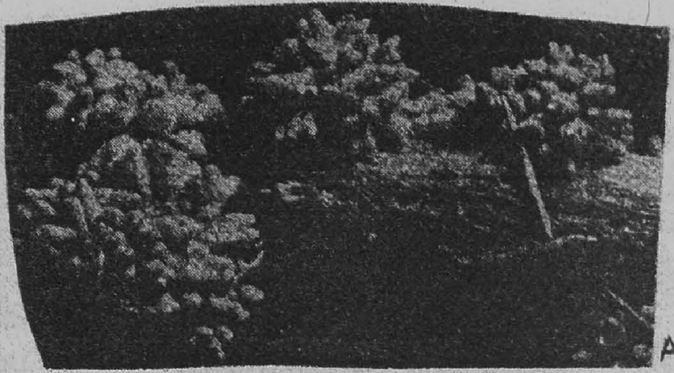
உண்டாக்கப் படுகின்றன. இவை மீண்டும் மீண்டும் கிளைத்து சிறிய வேர்களை உண்டாக்குகின்றன.

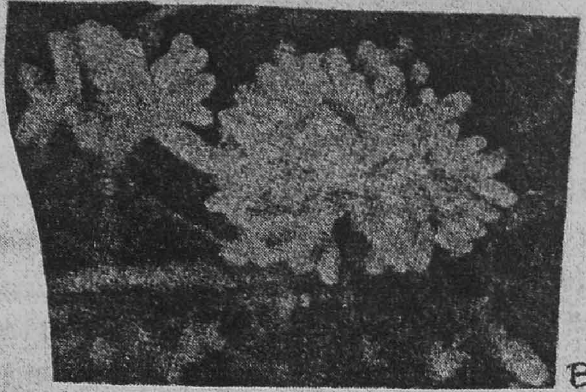
அனைத்து சைகடுகளிலும் வேர்த்தொகுதி இரண்டு வகை வேர்களால் ஆனது: (i) கிழங்கொத்த, சுருங்கி விரியும் தன்மை கொண்ட ஆணிவேர்; இது கிளைத்து பல பக்கவேர்களை உருவாக்குகிறது; எனினும் சிறிது காலத்திற்குள் ஆணிவேரின் வளர்ச்சி தடைப்பட்டு அதற்குப் பதிலாக, ஏற்கனவே கூறியபடி, வேற்றிட வேர்த்தொகுதி உண்டாக்கப்படுகிறது. (ii) பருத்த, கவட்டை முறையில் கிளைக்கின்ற, புவி ஈர்ப்புத் திசைக்கு எதிராக வளர்கின்ற (அதாவது தரைக்கு வெளியே செங்குத்தாக வளர்கின்ற) பவள வேர்த் தொகுதி (corolloid root system). இவ்வேர்கள் முன்னோடி பவள வேர்கள் (precorolloid roots) என்ற வேற்றிடவேர்க் கிளைகளிலிருந்து தோன்றுகின்றன(படம் 152 A). இவை *நாஸ்டாக், அனபீனா*, அரிதாக *கேலோதிரிக்ஸ், ஆசில்லடோரியா* போன்ற சயனோபாக்டீரியங்களால் ஊடுறுவப்பட்டு பவளவேர்களாக மாறுகின்றன (மேலும் விவரங்களுக்கு காண்க பக்கம் ...). இவை 10 செ.மீ. வரை விட்டமும் 500 கிராம் எடையும் கொண்டவைகளாகத் திகழ்கின்றன, இவற்றின் புறப்பரப்பில் பட்டைத்துளைகள் (lenticels) காணப்படுகின்றன; பச்சையாகவோ ஓரளவுக்குப் பழுப்பாகவோ நிறம் கொண்டவை. இவற்றில் உள்ள சயனோபாக்டீரியங்களின் செயலால் வளிமண்டில நைட்ரஜன் நிலைப்படுத்தப்பட்டு தாவரத்திற்குத் தேவையான நைட்ரஜன் பொருட்கள் கிடைக்க இவ்வேர்கள் பெருமளவு உதவுகின்றன.




படம் 152: A-D. *சைகஸ்* பவளவேர்கள். A,B. பவள வேர்கள் புறத்தோற்றம். C,D குறுக்குவெட்டு. D. சயனோபாக்டீரிய அடுக்கு பெரிதாக்கப்பட்டுள்ளது. (alz. சயனோபாக்டீரிய அடுக்கு; oc. புறபுறணி; ic. உள்புறணி). பட உதவி: A. Pant; :B-D. Wettstein

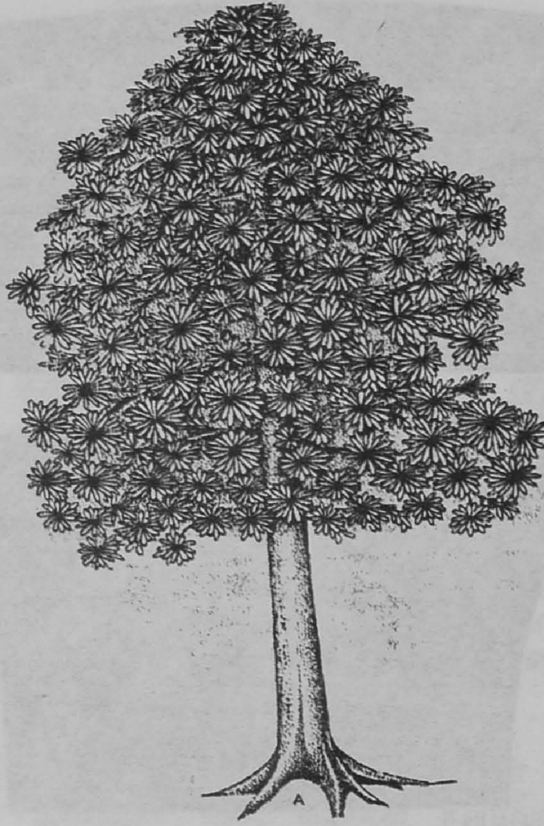
பல கோனிஃபர்களின் வேர்த்தொகுதிகள் சிறப்புத் தன்மை பெற்றவை. இவற்றின் பக்க வேர்கள் நீள்வேர்கள் (long roots) என்றழைக்கப்படுகின்றன. மையவேர் விரைவில் செயலிழந்து நீள்வேர்கள் தொடர்ந்து வளர்கின்றன. இவற்றிலிருந்து தொகுப்பாக குட்டையான பூஞ்சைவேரிகள் (mycorrhizae) தோன்றுகின்றன (படம் 153 A,B). இவை பவளவேர்களை உருவத்தில் ஒத்துள்ளன; கவட்டை முறையில் கிளைக்கின்றன. இவற்றில் புறவளர் பூஞ்சைகள் (ectotrophic fungi) வளர்ந்து, வேரோடு ஒரு வகைக் கூட்டு வாழ்க்கையை (symbiotic life) மேற்கொள்கின்றன. இப்பூஞ்சைகள் பொதுவாக பசிடியோமைசீட்ஸ் வகுப்பைச் சார்ந்த பொலிடேசி, அகேரிகேசி போன்ற வகுப்புகளைச் சார்ந்த பூஞ்சைகளாகும், இப்பூஞ்சைகள் தாவரத்திற்குத் தேவையான ஃபாஸ்ஃபேட் தனிமப் பொருட்களை எளிதாக ஏற்றுக் கொள்ளும் வகையில் அளிக்கின்றன.




**படம் 153:** A,B. *பைனஸ்.* பூஞ்சை வேரிகள். பட உதவி: Kondas

மிகப்பெரிய கோனிஃபர் மரங்கள் சிலவற்றில் உதைப்பு வேர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. (எடுத்துக்காட்டுகள்: *டேக்சோடியம் டைஸ்டிகம், சாமோசைபாரிஸ், கிரிப்டோமீரியா* சிற்றினங்கள்). இத்தகைய உதைப்பு வேர்கள் தொல்லுயிர் எச்ச *கிளாசாப்டெரிஸ்* வேரான *வெர்ட்டப்ரேரியா*விலும் (படம் 154) இருந்திருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது.




படம் 154: உதைப்பு வேர்களான *வெர்ட்டப்பிரேரியாவைப்* பெற்ற *கிளாசாப்டெரிஸ்* தாவரம். பட உதவி: Gould and Delevoryas

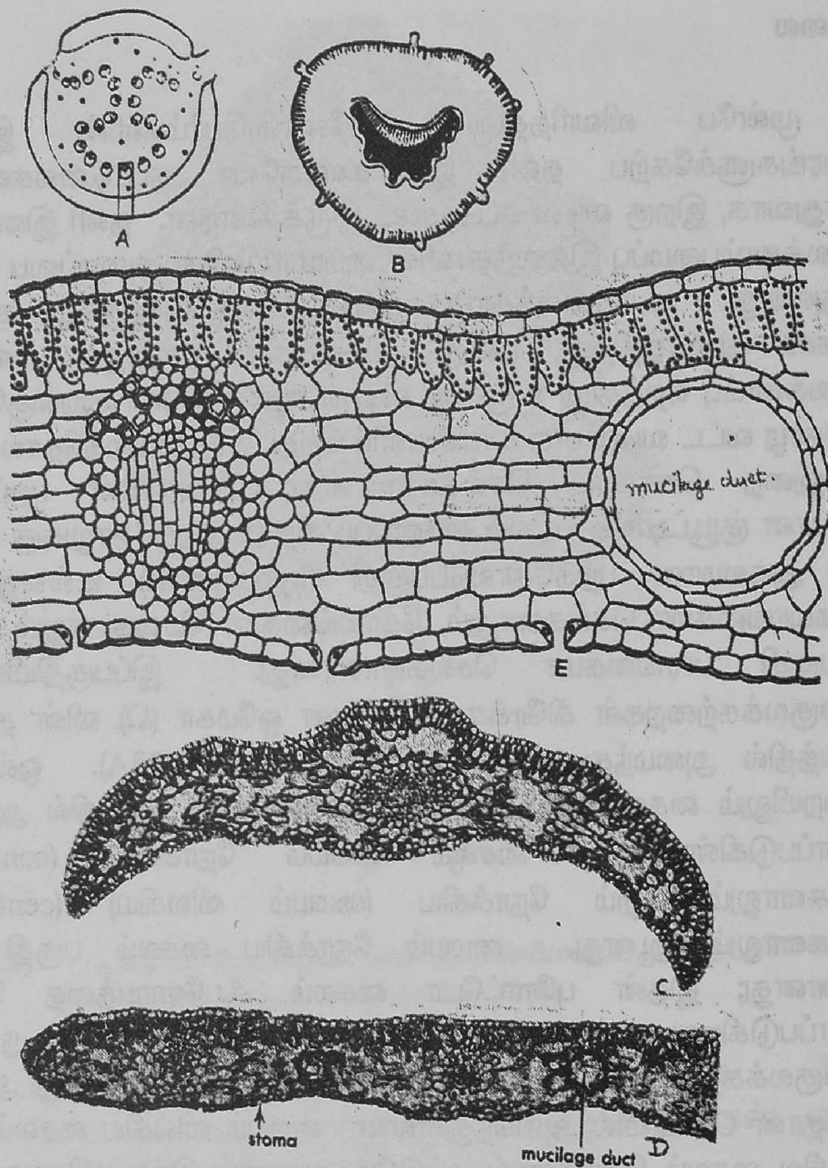
சதுப்புநில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் மூச்சு வேர்கள் (pneumatophores) காணப்படுகின்றன (எடுத்துக்காட்டுகள்: ஒரு சில டேக்சோடியேசி குடும்பத் தாவரங்கள்).

தொல்லுயிர் எச்ச கார்டைட்டேல்ஸ் தொகுதியின் வேர்களான *அமைலானில்* மிகவும் கிளைத்த தாங்கு வேர்கள் (stilt roots) காணப்படுவதாக கூறப்பட்டுள்ளது. இத்தாவரமும் தற்கால தாழை மரம் (*Pandanus*) போன்று சதுப்பு நிலத்தில் வாழ்ந்த தாவரமாக இருப்பதற்கு வாய்ப்புள்ளது, (படம் 140).

## VI. உள்ளமைப்பு

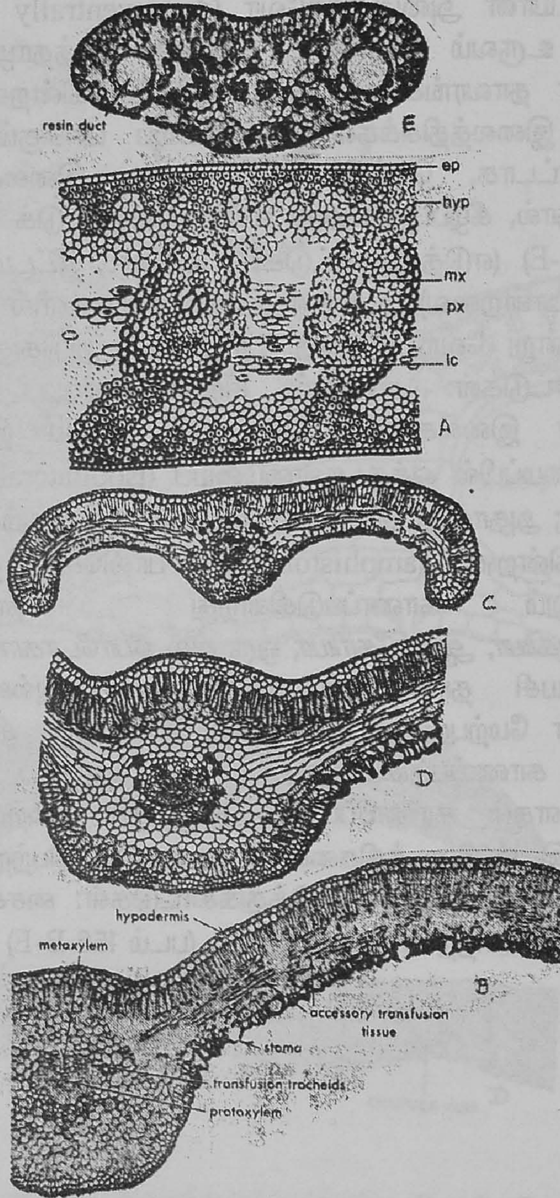
### 1. இலை

முன்பே விவரித்தபடி ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் இலைகள் தாவரங்களுக்கேற்ப தனி இலைகளாகவோ கூட்டிலைகளாகவோ (பொதுவாக, இறகு வடிவ கூட்டிலை) இருக்கின்றன. தனி இலைகளின் இலைக்காம்பமைப்பு இலைத்தாளின் மைய நரம்பின் அமைப்பை பெரிதும் ஒத்துள்ளது. கூட்டிலைக்காம்பு அமைப்பு சைகடுகளுக்கு, குறிப்பாக *சைகஸ்* தாவரத்திற்கு, நன்கு விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. *சைகசின்* இலைக்காம்பு ஏறத்தாழ உருளை வடிவானது; எனவே குறுக்குவெட்டில் ஏறத்தாழ வட்ட வடிவமாக காட்சியளிக்கிறது. இதன் புறத்தோல் தடிப்புச் செல்லுறை கொண்ட செல்களாலானது; செல்களின் புறப்பரப்பில் தடிப்பான குயூட்டிகிள் படலம் காணப்படுகிறது. புறத்தோலுக்கு அடியில் ஒரு அகலமான புறத்தோலடிப்பகுதி (hypodermis) உள்ளது; இது ஸ்கெலரங்கைமா செல்களாலும், கோலங்கைமா செல்களாலும் ஆனது. உள்பகுதி பாரங்கைமா செல்களாலானது. இப்பகுதியில் பல வாஸ்குலக்கற்றைகள் கிரேக்க எழுத்தான ஒமேகா (Ω) வின் தலைகீழ் வடிவத்தில் அமைந்து காணப்படுகின்றன (படம் 155A). ஒவ்வொரு கற்றையிலும் சைலம், ஃபுளோயம் திசுக்கள் ஒரே ஆரத்தில் அமைந்து காணப்படுகின்றன. சைலம் மையம் நோக்கிய (centripetal) செல்களாலும், புறம் நோக்கிய (மையம் விலகிய) (centrifugal) செல்களாலும் ஆனது. மையம் நோக்கிய சைலம் பகுதி ஆப்பு வடிவானது; இதன் புரோட்டோ சைலம் ஃபுளோயத்தை நோக்கி காணப்படுகிறது. கூட்டிலைக் காம்பின் நுனியில் வாஸ்குலக்கற்றைகளின் எண்ணிக்கை கணிசமாகக் குறைந்து ஆங்கில எழுத்தான C வடிவில் அமைந்துள்ளன. மையம் விலகிய சைலம் பகுதி ஒரு சில சைலம் செல்களால் மட்டுமே ஆனது; இந்தச் செல்கள் ஒரு சிறிய தொடராகவோ அல்லது விட்டுவிட்டோ அமைந்துள்ளன. வாஸ்குலக்கற்றை ஒவ்வொன்றும் ஸ்கெலரங்கைமா திசுவாலான உறையால் சூழப்பட்டுள்ளன. பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் இலைக்காம்பின் வாஸ்குலக்கற்றை(கள்) 'C' வடிவத்தில் உள்ளது (படம் 155B).



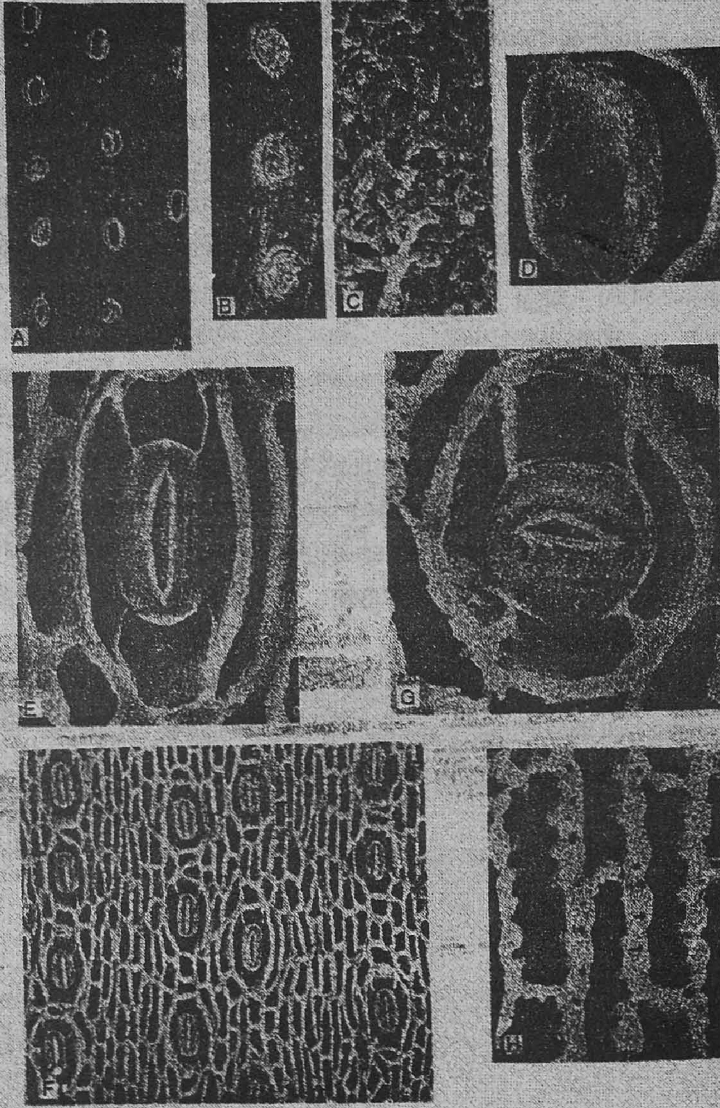

படம் 155: A. *சைகஸ்.* இலைக்காம்பின் குறுக்கு வெட்டு. B. *லைஜினோரேகிஸ்.* இலைக்காம்பின் குறுக்கு வெட்டு. C. *டேக்சஸ் கேனடென்சிஸ்.* இலையின் குறுக்கு வெட்டு. D,E. *ஜிங்கோ* இலையின் குறுக்கு வெட்டுகள். பட உதவி: A. Pant; B. Long; C,D. EAsu; E. Gangulec and Kar

முன்னமே விவரித்தபடி ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் இலைகள் மேல் கீழ் தட்டையான அமைப்பாகவோ (dorsi-ventrally flattened), தடித்து ஒழுங்கற்ற உருவம் கொண்டோ அல்லது ஏறத்தாழ உருளை வடிவம் கொண்டோ தாவரங்களுக்கேற்ப காணப்படுகின்றன. உருவத்தைப் பொருத்து இலைத்திசுக்களின் அமைவுப் பாங்கும் மாறுபடுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, மேல்கீழ் தட்டையான இலைகளில் புறத்தோல் மேற்புறத்தோல், கீழ்ப்புறத்தோல் என்று வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றது (படம் 155C-E) (எடுத்துக்காட்டுகள்: *சைகஸ், நீட்டம், போடோகார்பஸ், கேக்சஸ்* போன்றவை); உருளை வடிவ இலைகளில் இலையைச் சுற்றி, மேல்கீழ் என்று வேறுபாடுறாத, புறத்தோல் அடுக்கு காணப்படுகிறது (எடுத்துக்காட்டுகள்: *பைனஸ்* சிற்றினங்கள்). இதே போன்று தட்டையான இலைகளில் மேல், கீழ் ஆகிய இரு பக்கங்களும் திசுப்பாங்கமைப்பில் ஒத்த தன்மையைப் (isobilateral) பெற்றிருக்கலாம் (படம் 156A); அதாவது, இருபக்கப் புறத்தோல்களிலும் இலைத்துளைகள் காணப்படுகின்றன (amphistomatic), பாலிசேட் திசுவும் இரண்டு பக்கங்களிலும் காணப்படுகின்றது (எடுத்துக்காட்டுகள்: *வெல்விட்ஸ்கியா, ஆரக்கேரியா*, ஒரு சில *போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்கள் டேக்சோடியேசி தாவரங்கள் போன்றவை) அல்லது தட்டையான இலைகளின் மேற்புறமும் அடிப்புறமும் வேறுபட்ட திசுப்பாங்கமைப்பை பெற்று காணப்படுகின்றன, அதாவது, மேற்புறத்தோலில் இலைத்துளைகள் காணப்படாமல் இருத்தல், மேற்புறத்தில் மட்டுமே பாலிசேட் இலையிடைத்திசுவை (mesophyll) பெற்றிருத்தல் போன்ற பண்புகளைக் காட்டுதல் (எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகடுகள், ஒரு சில *போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்கள், *நீட்டம்*). (படம் 156 B-E)




படம் 156: இலை குறுக்குவெட்டுகள். A. *கார்டைடஸ்.* ($e_p$. புறத்தோல்; hyp. புறத்தோலடி அடுக்கு; lc. இணைப்புக்கற்றை; mx. மெட்டாசைலம்; px. புரோட்டோசைலம்). B-D. *சைகஸ்* சிற்றிலை. D. மையநரம்புப் பகுதியின் குறுக்கு வெட்டு. E. ஏபிஸ். பட உதவி: A. Renault; B,E. Esau; D,C,D. Pant

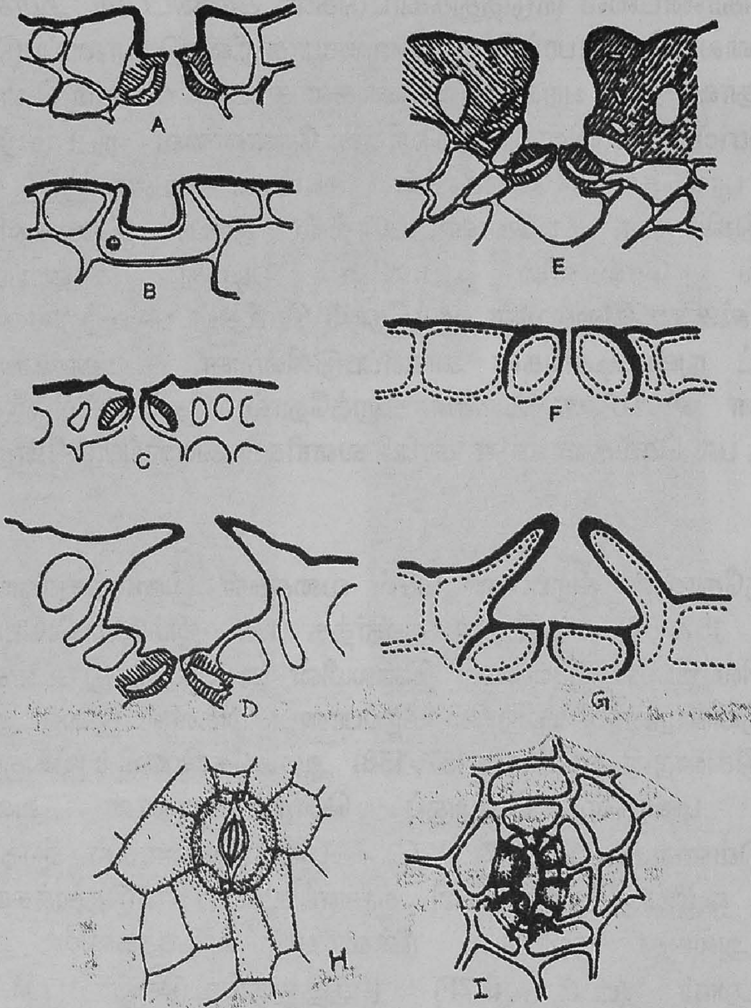
அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம் இலைகளிலும் (தொல்லுயிர் எச்ச, தற்போது உயிர்வாழும் சிற்றினங்கள்) புறத்தோல் பரப்பில் ஒரு குயூட்டிகிள் படலம் காணப்படுகிறது. (படங்கள் 155, 156) இப்படலத்தின் தடிப்பும், அது காட்டும் நுண் அலங்காரப் பண்புகளும் (Ornamentations) சிற்றினங்களுக்கு ஏற்ப மாறுபடுகிறது. சைகடுகள், *ஜிங்கோ, பைனஸ், டேக்சஸ், ஆரக்கேரியா, செஃபலோடேக்சஸ், வெல்விட்ஸ்கியா* போன்றவற்றின் இலைகள் தடிப்பான குயூட்டிகிள் படலத்தைக் கொண்டுள்ளன. *நீட்டம்,* ஒரு சில *போடோகார்ப்ஸ்* சிற்றினங்கள் போன்றவற்றின் குயூட்டிகிள் படலம் சற்று மெல்லியது. தடிப்பு குயூட்டிகிள் பெற்ற இலைகளில் அது பல அடுக்குகளில் படிந்துள்ளது. ஒரு சில *ஆரக்கேரியா* சிற்றினங்கள், *வெல்விட்ஸ்கியா* போன்றவற்றில் குயூட்டிகிள் படலம் பல அலங்காரப் பண்புகளைக் காட்டுகின்றன. (படம் 157) எடுத்துக்காட்டாக ஒரு சில *ஆரக்கேரியா* சிற்றினங்களின் குயூட்டிகிள் படலம் நுண்ணமைப்பில் அதிக வேறுபாடுகளைக் காட்டுகிறது; இலைத்துளை துணைச் செல்களின் படலமும் புறத்தோல் செல்களின் படலமும் நுண்குழிகளையும், காப்பு செல்களின் படலம் வலைத் தடிப்புகளையும் காட்டுகின்றன. குயூட்டிகிள் படலத்தைத் தவிர, புறத்தோல் செல்களின் மேல் குயூட்டின் (cutin) படிமமும் காணப்படுகின்றது. இப்படிமத்தின் தடிப்பும் சிற்றினத்திற்கேற்ப மாறுபட்டு காணப்படுகிறது. *பைனஸ்* இலையின் புறத்தோலின் மேல் லிக்னின் பொருட்களும் படிந்து காணப்படுகின்றன.




படம் 157: குயூட்டிகிள் படலம். A,D,G,H. *ஆரக்கேரியா ஹண்ட்ஸ்டினைஜ.* B,C,E,F. *ஆ. பிட்வில்லிஜ.* B. இலைத்துளை அடைப்புகள். C. இலைத்துளை அடைப்பு, பெரிதாக்கப்பட்டுள்ளது. D. இலைத்துளை அடைப்பு; E-G. இலைத்துளை அமைப்பும் குயூட்டிகிள் படிவும்; H. மேற்பக்கப் புறத்தோல் செல்களும் குயூட்டிகிள் படிவும். பட உதவி: Stockey and Ko.

புறத்தோலின் சாதாரண செல்கள் பொதுவாக நீண்ட செவ்வக வடிவம் கொண்டவை (எடுத்துக்காட்டுகள்: *கார்டைடஸ், ஆரக்கேரியா*). இவை இலையின் நீள்பரப்பிற்கு இணையாக நீண்டு காணப்படுகின்றன. *பைனஸ்* தாவரத்தின் புறத்தோல் செல்கள் சமபக்க விட்டம் கொண்டவை (isodiametric); இவற்றின் செல்சுவர்கள் நேரானவை. நீட்டம் இலையில் மட்டும் புறத்தோல் செல்களின் சுவர்கள் வளைந்து நெளிந்து காணப்படுகின்றன. கோனிஃபரேல்ஸ் தாவர இலைகளின் பல புறத்தோல் செல்களில் டானின் படிந்து காணப்படுகிறது. *வெல்விட்ஸ்கியா* இலையின் புறத்தோல் செல்கள் பலவற்றில் கால்சியம் ஆக்சலேட் நுண்படிகங்கள் காணப்படுகின்றன. *லைஜினாப்டெரிஸ்* இலையான *ஸ்ஃபீனாப்டெரிசில்* புறத்தோல் செல்களிலிருந்து சிரம் கொண்ட, பல செல்களாலான, சுரப்பி வளரிகள் காணப்படுகின்றன (படம் 155B)

புறத்தோலின் சிறப்பான செல் வகைகள் இலைத்துளைகளாகும் (படங்கள் 157,158). *நீட்டம்* தவிர்த்த பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் இலைகளில் இலைத்துளைகள் இலையின் பரப்பிலிருந்து உள்ளமிழ்ந்து காணப்படுகின்றன; சிலவற்றில் சிறப்பான குழிகளில் இவை அமைந்து காணப்படுகின்றன. (படங்கள் 157, 158) *ஆரக்கேரியா*வில் இக்குழிகளின் மேற்பக்க புரைகள் மெழுகுப் பொருட்களாலான அடைப்பால் மூடப்பட்டுள்ளன (படம் 157 A-C). இலைத்துளைகள் புறத்தோலில் எந்தவித ஒழுங்குமின்றி பரவி காணப்படலாம் (எடுத்துக்காட்டுகள்: *நீட்டம்*) அல்லது குறிப்பிட்ட நீள்வாக்கு வரிசைகளில் அமைந்து காணப்படலாம் (படம் 157F) (எடுத்துக்காட்டுகள்: *லிபேக்கியா, எர்னெஸ்டியோடென்ட்ரான், ஆரக்கேரியா, வெல்விட்ஸ்கியா செஃபலோடேக்சஸ்*) *ஆரக்கேரியா*வின் அகலமான இலைகளில் இலைத்துளைகள் குறிப்பிட்ட புறத்தோல் நீள்வரிசைகளில் அமைந்துள்ளன; சிறிய இலைகளில் இவை தொகுப்பாகத் திரட்டப்பட்டுக் காணப்படுகின்றன அல்லது ஒழுங்கற்ற முறையில் அமைந்துள்ளன. இவற்றின் நீள் அச்சு அமைவுப்பாங்கு இலையின் நீள் அச்சுக்கு இணையாகவோ, அவற்றிற்குச் செங்குத்தாகவோ காணப்படும்.



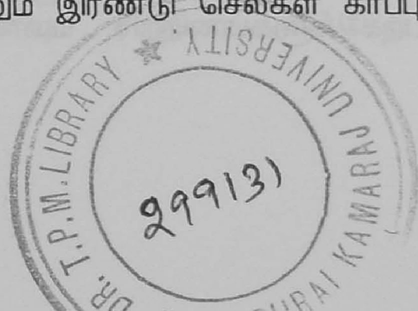

படம் 158: A-G. இலைத்துளை வெட்டுத் தோற்றங்கள். A,B. *ஜாமியா மியூரிகேட்டா.* C. *ஸ்டாஞ்சீரியா பாரடாக்சா* D. *சைகஸ் ரிவல்யூட்டா.* E. *டையூன் எட்யூல்.* F. *டீரோஃபில்லம்.* G. *டீலோஃபில்லம்.* H. *சாஜினாப்டெரிஸ்.* I. *ஜிங்கோய்டஸ்.* பட உதவி: A-F. Harris; G. Florin; H. Harris; I. Andrews

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் இரண்டு வகை இலைத் துளைகளைப் பெற்றிருப்பதாக ஃபுளோரின் (Florin 1931) கருதினார். இந்த இரண்டு வகைகளும் அவற்றின் காப்பு செல்களும் துணைசெல்களும் வளர்ச்சியடையும் அடிப்படையில் பிரிக்கப்படுகின்றன:

(i) **ஹேப்லோகெய்லிக் (haplocheillic)** வகை – இவ்வகையில் இலைத்துளைத் தாய் செல் ஒரு முறை பகுப்படைந்து அதன் வழி பெறப்படும் இரண்டு மகவு செல்களும் காப்பு செல்களாக வளர்ச்சியடைகின்றன. இவற்றிற்கு அருகாமையில் உள்ள புறத்தோல் செல்கள் துணைச் செல்களாகும்; இவை பெரும்பாலும் காப்பு செல்களைச் சூழ்ந்துள்ளன. (ii) **சின்டிட்டோகெய்லிக் (syndetocheilic)** வகை – இவ்வகையில் இலைத்துளைத்தாய் செல் இரண்டு முறை பகுப்படைந்து அதன் வழி பெறப்படும் நான்கு செல்களில் இரண்டு காப்பு செல்களாகவும் மீதம் இரண்டும் பக்கவாட்டுத் துணை செல்களாகவும் வளர்ச்சியடைகின்றன. முதல் வகை இலைத்துளை டெரிடோஸ்பெர்ம்கள், சைகடேல்ஸ், கெய்டோனியேல்ஸ், ஜிங்கோவேல்ஸ், கிளாசாப்பெரிடேல்ஸ், கார்டைட்டேல்ஸ், கோனிஃபரேல்ஸ், எஃபீட்ரேல்ஸ் ஆகிய ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தொகுப்புகளிலும், இரண்டாவது வகை இலைத்துளை சைகடியாய்டேல்ஸ், பென்டோசைலேல்ஸ், வெல்விட்ஸ்கியேல்ஸ், நீட்டேல்ஸ் ஆகிய ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தொகுப்புகளிலும் காணப்படுவதாகக் கண்டறியப்பட்டது. எனினும் *நீட்டத்*தில் முதல் வகை இலைத்துளை தான் காணப்படுகிறது என்று மகேஷ்வரியும் விம்லா வாசிலும் (Maheswari and Vimla Vasil 1961) எடுத்துக்காட்டினர். பைனேசி தாவரங்களின் இலைத்துளையும் எந்த வகையைச் சேர்ந்தது என்பதில் கருத்து வேறுபாடு நிலவுகிறது.

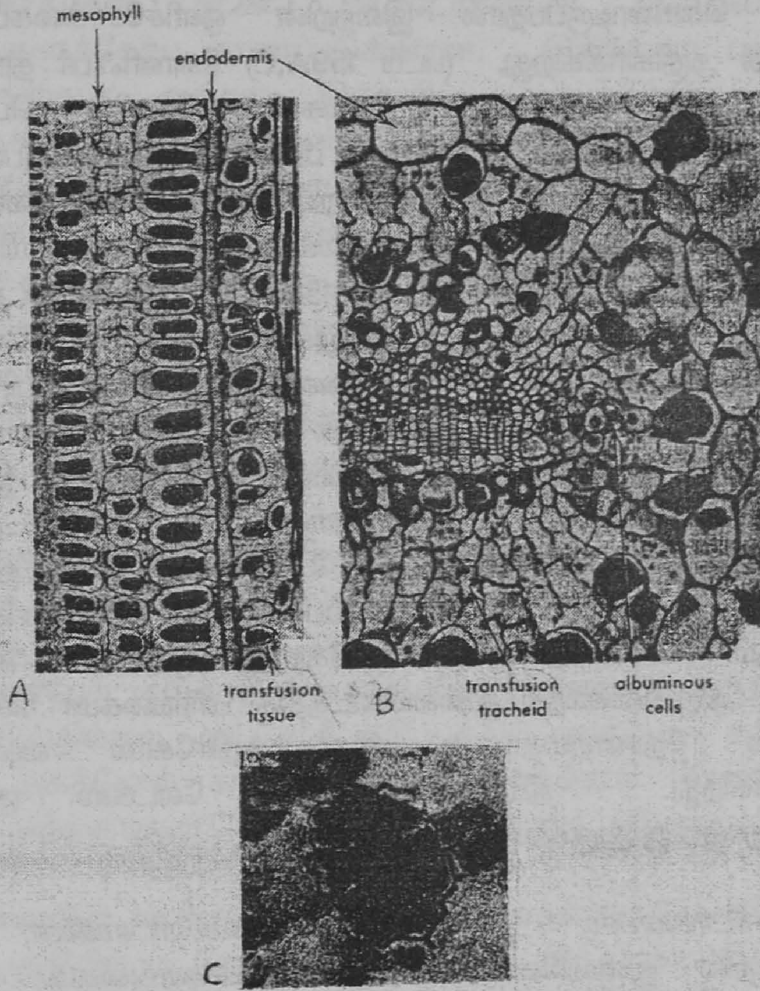
அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் காப்பு செல்கள் ஏறத்தாழ அவரை விதை வடிவம் கொண்டுள்ளன. சைகடுகளில் இவை தம்முடைய பரப்பில் ஆரப்போக்கிலமைந்த கீற்றுக்கோடுகளைக் கொண்டுள்ளன. துணை செல்கள் எல்லா ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் காணப்படுகின்றன. ஆனால் இவற்றின் எண்ணிக்கையும் அமைவொழுங்கும் பெரிதும் வேறுபடுகின்றன. சைகடுகளில் துணை செல்கள் ஒன்று அல்லது இரண்டு வட்டங்களில் காப்பு செல்களைச் சூழ்ந்து காணப்படுகின்றன. தொல்லுயிர் எச்ச ஜிங்கோவேல்ஸ் தாவரங்களிலும் *ஜிங்கோ பைலோபா*விலும் நான்கு முதல் ஆறு துணை செல்கள் காணப்படுகின்றன. *கார்டைடஸ்* இலையிலும் நான்கு முதல் ஆறு துணை செல்கள் காணப்படுகின்றன; இவற்றில் இரண்டு / நான்கு செல்கள் காப்பு செல்களின் பக்கவாட்டிலும் இரண்டு செல்கள் காப்பு





செல்களின் இரு முனைகளிலும் காணப்படுகின்றன. பல பைனேசி குடும்பத் தாவரங்களில் ஆறு துணை செல்கள் காணப்படுகின்றன; இவற்றில் இரண்டு செல்கள் முனைகளிலும், இரண்டு பக்கவாட்டிலும் இரண்டு உள்ளடங்கியும் காணப்படுகின்றன. *நீட்டம்* இலைகளில் பொதுவாக இரண்டு பக்கவாட்டு துணை செல்களும் இரண்டு முனைவு துணை செல்களும் காணப்பட்டாலும், சில இலைத்துளைகளில் மூன்று முதல் ஏழு துணை செல்கள் காப்பு செல்களைச் சூழ்ந்துள்ளன. இலைத்துளைகள் உள்ளமிழ்ந்து காணப்படுவதாலும், துணை செல்கள் காப்பு செல்களைவிட சற்று உயர்ந்த மட்டத்தில் அமைந்திருப்பதாலும், துணை செல்களிலிருந்து உண்டாக்கப்படும் மழுங்கிய நுனி கொண்ட நுண்வளரிகள் இலைத்துளையின் மேலே வளைந்து காணப்பட்டு துளையை ஓரளவுக்கு மறைக்கின்றன. இத்தகைய நுண்வளரிகள் சைகடுகள், சைகடியாய்டுகள், தொல்லுயிர் எச்ச ஜிங்கோவேல்ஸ், *ஜிங்கோ பைலோபா* போன்றவற்றில் சிறப்பாகக் காணப்படுகின்றன.

முன்னமே குறிப்பிட்டபடி பாலிசேட் இலையிடைத்திசு இலையின் இருபக்கங்களிலோ அல்லது மேற்பக்கத்திலோ (படங்கள் 155 C-E; 156) அல்லது *பைனஸ்* சிற்றினங்களில் காணப்படுவது போன்று புறத்தோலுக்கு அடியில் ஒரு வட்டத்திலோ அமைந்து காணப்படுகிறது (படம் 159A,B). பாலிசேட் ஒரு அடுக்காகவோ இரு அடுக்காகவோ சிற்றினத்திற்கேற்ப காணப்படுகிறது. *வெல்விட்ஸ்கியா*வில் பாலிசேட் மூன்று அல்லது நான்கு அடுக்குகளில் காணப்படுகிறது. *கார்டைடஸ்* இலையில் பாலிசேட் திசு நன்கு வேறுபாடுற்று காணப்படவில்லை டேக்சோடியேசி இலைகளிலும் இலையிடைத்திசு பாலிசேட், ஸ்பாஞ்சி என்று வேறுபாடுற்று காணப்படுவதில்லை. *நீட்டம்* இலையில் பாலிசேட் செல்கள் மிக குட்டையாக அமைந்துள்ளன.




**படம் 159:** A,B. *பைனஸ் மோனோஃபில்லா.* A. ஊசி இலையின் நீள்வெட்டு. B. குறுக்கு வெட்டு. C. இலையிடை ஸ்பாஞ்சி திசு பாரங்கைமா செல்கள் உள்நோக்கிய நீட்சிகளைப் பெற்றுள்ளன; பல செல்களில் டானின் (கருப்பு நிறத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன) நிறைந்துள்ளது. பட உதவி: A,B. Esau; C. Konar

ஸ்பாஞ்சி இலையிடைத்திசு பசுங்கணிகங்களும், மெல்லிய செல்லுறைகளும், அதிக செல்லிடைவெளிகளும் கொண்ட பாரங்கைமா திசுவினால் ஆனது. இவற்றின் அளவும் சிற்றினங்களுக்கேற்ப

மாறுபடுகிறது. பைனேசி குடும்பத் தாவரங்களில் இப்பாரங்கைமா செல்களின் செல்சுவர் விரல் போன்ற உள்நோக்கிய நீட்சிகளை அதிக அளவில் கொண்டிருப்பதால் இவற்றின் ஒளிச்சேர்க்கைப் பரப்பு கணிசமாக அதிகரிக்கிறது. (படம் 159A,C) கோனிஃபர் தாவரங்கள் பலவற்றில் சில பாரங்கைமா செல்களில் டேனின் பொருட்கள் நிரம்பியுள்ளன. (படம் 159 A,C) மேலும், பிசின் கால்வாய்கள் (படம் 156E) கோனிஃபர் தாவரங்களின் இலைகளிலும், லேடக்ஸ் குழாய்கள் *நீட்டம்* இலையிலும், கோந்து கால்வாய்கள் *வெல்விட்ஸ்கியா*விலும் மியூசிலேஜ் குழாய்கள் *ஜிங்கோ*விலும் (படம் 155D,E) இலையிடைத்திசுவில் காணப்படுகின்றன. வாஸ்குலக்கற்றைக்கு அடியில் டேக்சோடியேசி, செஃபலோடேக்சேசி ஆகிய குடும்ப இலைகளில் ஒரே ஒரு பெரிய பிசின் கால்வாயும், *போடோகார்பஸ்* இலையில் 1–3 பிசின் கால்வாய்களும் காணப்படுகின்றன. டேக்சேல்ஸ் குடும்பத் தாவரங்களின் இலையில் பிசின் கால்வாய்கள் காணப்படுவதில்லை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. கோனிஃபெரேல்ஸ் தொகுதியிலிருந்து டேக்சேல்ஸ் தொகுதி தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டிருப்பது இப்பண்பின் அடிப்படையிலும் மேற்கொள்ளப்பட்ட செயலாகும். *வெல்விட்ஸ்கியா*வின் கோந்து கால்வாய் ஃபுளோயம் திசுவிற்கு அருகிலமைந்த இலையிடைத்திசு பாரங்கைமா செல்களின் சிதைவால் தோன்றியதாகும்; இது கதிர்கோல் வடிவத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. *நீட்டம்* இலையின் லேடக்ஸ் குழாய்கள் கீழ்புறத்தோலுக்கு அருகில் காணப்படுகின்றன.

*போடோகார்பஸ், ஆரக்கேரியா, வெல்விட்ஸ்கியா, நீட்டம்* ஆகியவற்றின் இலையிடைத் திசுவில் ஸ்கெலரங்கைமா செல்கள் (sclereids) காணப்படுகின்றன. முதல் இரண்டு தாவரங்களில் இவை பெரும்பாலும் கல் செல்களாகவும் (stone cells or brachysclereids) பின்னர் குறிப்பிட்ட இரண்டு தாவரங்களின் இலைகளில் நட்சத்திர வடிவ ஸ்கெலரிடுகள் (astrosclereids) காணப்படுகின்றன.

பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் இலைகளில் புறத்தோலுக்கு அடியில் புறத்தோலடி ஸ்கெலரங்கைமா நார்கள் அல்லது செல்கள் காணப்படுகின்றன. இவை தொடர்ச்சியான அடுக்குகளாகவோ (ஒன்று முதல் மூன்று அடுக்குகள் எ.கா. சைகடுகள், பைனேசி) ( இலைத்துளை பகுதிகளை மட்டும் தவிர்த்து), தொடர்ச்சியற்ற

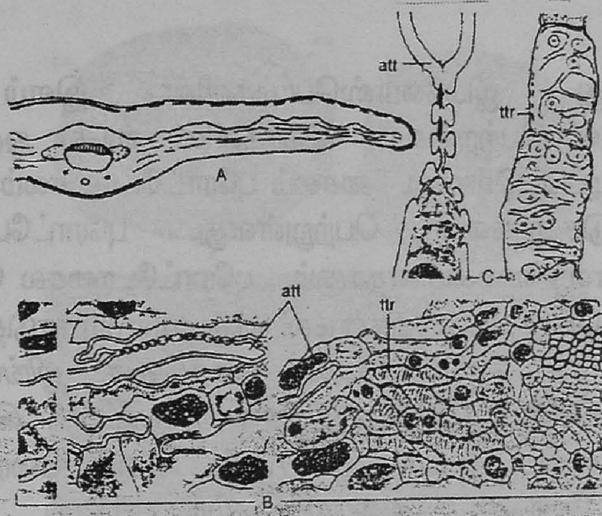
அடுக்குகளாகவோ (எ.கா. *அகாதிஸ்*) அல்லது ஆங்காங்கே திரண்ட கற்றைகளாகவோ (எ.கா. *போடோகார்பஸ், வெல்விட்ஸ்கியா*) சிற்றினங்களுக்கேற்ப காணப்படுகின்றன. இத்தகைய புறத்தோலடி ஸ்கெலரங்கைமா நார்கள் இலையில் மேற்பக்கத்தில் மட்டுமோ (எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகடுகள், டேக்சோடியேசி) அல்லது இரண்டு பக்கங்களிலுமோ (எடுத்துக்காட்டுகள்: *கார்டைடஸ்*, டேக்சோடியேசி, *போடோகார்பஸ்*) காணப்படலாம். *கார்டைடஸ்* இலையில் மேற்புற ஸ்கெலரங்கைமா திசுவும், அடிப்புற ஸ்கேலரங்கைமா திசுவும் I வடிவ ஸ்கெலரங்கைமா தூண்களால் (girders) ஆங்காங்கே இணைக்கப்பட்டுள்ளன (படம் 156A); இத்தூண்கள் சில இடங்களில் வாஸ்குலக் கற்றையைச் சூழ்ந்து அமைந்துள்ளன. பல தாவரங்களில் இலையின் வாஸ்குலக் கற்றையைச் சூழ்ந்து ஸ்கெலரங்கைமா செல்கள் அல்லது நார்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் தடிப்பு தாவரங்களுக்கேற்ப மாறுபடுகிறது. டேக்சேல்ஸ் தாவர இலைகளிலும் கற்றை உறை காணப்படுகிறது; ஆனால், இவ்வுறையின் செல்கள் ஓரளவுக்கு பெரிய பாரங்கைமா செல்களாகும். டேக்சோடியேசி, போடோகார்பேசி குடும்பத் தாவரங்களின் இலைகளில் கற்றை உறை காணப்படுவதில்லை. பைனேசி குடும்பத்தில் வாஸ்குலக் கற்றையைச் சூழ்ந்து அகத்தோல் காணப்படுகிறது; அகத்தோல் மெல்லிய சுவர் கொண்ட மத்தள வடிவ செல்களால் ஆன ஒரே ஒரு அடுக்காலானது.

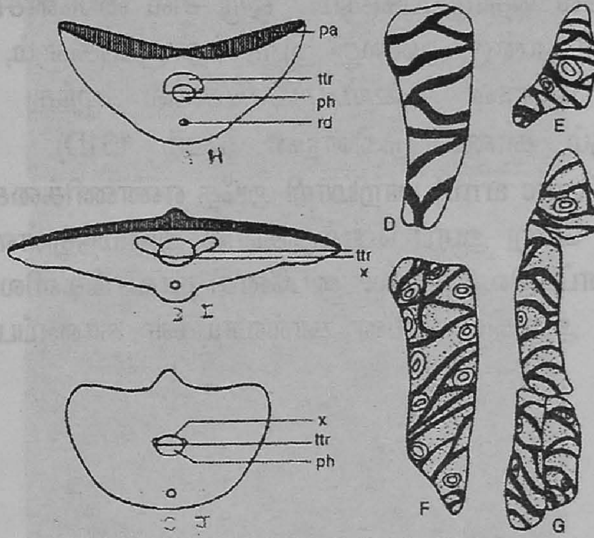
இலையின் வாஸ்குலக் கற்றைகள் பொதுவாக இலையின் மைய நரம்புப் பகுதியில் மட்டும் காணப்படுகிறது. இத்தகைய நிலை மைய இலை நரம்பு மட்டும் கொண்ட சிற்றினங்களுககு சிறப்பான பண்பாகும். ஆனால் மைய நரம்பிலிருந்து கிளை நரம்புகள் கொண்ட சிற்றினங்களிலும் (எ.கா. *நீட்டம்*) விசிறி நரம்பமைப்பு கொண்ட ஜிங்கோ வேல்ஸ் தாவரங்களிலும், பல இணையான நரம்புகளைக் கொண்ட சிற்றினங்களிலும் (எ.கா. வெல்விட்ஸ்கியா) இலையின் குறுக்கு வெட்டு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வாஸ்குலக் கற்றைகளைக் காட்டுகின்றன. பைனேசி இலைகள் ஏறத்தாழ உருளை வடிவம் கொண்டிருந்தாலும், சிற்றினத்திற்கேற்ப ஒன்று முதல் ஒரு சில வாஸ்குலக் கற்றைகள் பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் (எ.கா. சைகடுகள், ஜிங்கோவேல்ஸ் வாஸ்குலக் கற்றைகள் மையம் நோக்கிய புரோட்டோசைலம் (endarch) கொண்டவை; ஃபுளோயம் சைலத்திற்குக் கீழே காணப்படுகிறது. சைலம் இரண்டு

பகுதிகளாகக் காணப்படுகிறது. மையம் நோக்கிய சைலம் (centripetal xylem) அதிக செல்களையும், மையம் விலகிய சைலம் (centripetal xylem) ஒரு சில செல்களை மட்டுமே கொண்டும் காணப்படுகின்றன; இரண்டிற்கும் இடையே புரோட்டோசைல நுனி காணப்படுகின்றது. *வெல்விட்ஸ்கியா*விலும், *நீட்டத்*திலும் வாஸ்குலக் கற்றைகள் ஆஞ்சியோஸ்ஃபெர்ம்களை ஒத்துள்ளன. ஒவ்வொரு கற்றையிலும் சைலமும், ஃபுளோயமும் ஒரே ஆரத்தில் அமைந்து காணப்படுகின்றன.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம் இலைகளின் மிகச் சிறப்பான உள்ளமைப்புப் பண்பு **டிரான்ஸ்பியூஷன் திசு**வாகும் (transfusion tissue). (படம் 160) இந்த திசு ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் இலைகளில் மையநரம்புப் பகுதியில் உள்ள வாஸ்குலக்கற்றையில் தொடங்கி இலையின் விளிம்பு வரை பரவி காணப்படுகிறது. இதன் செல்கள் பொதுவாக இலையின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிற்கு இணையாக நீண்டு காணப்படுகின்றன. இத்தகைய அமைப்பிற்கு எடுத்துக்காட்டாக *போடோகார்பஸ்*, சைகடுள் போன்றவற்றைக் குறிப்பிடலாம். கோனிஃபர் தாவரங்களில் இத்திசுவின் அளவும், அமைவுப்பாங்கும் பெரிதும் வேறுபடுகின்றன. இத்திசு வாஸ்குலக்கற்றையைச் சுற்றி மட்டும் (எ.கா. *பைனஸ்*) காணப்படலாம்; கற்றையைச் சுற்றியும் மேற்புறத்தோல் நோக்கி ஒரு தொப்பி போன்று நீண்டும் காணப்படலாம் (எ.கா. *ஆரக்கேரியா*), கற்றையைச் சுற்றி இருபக்கமும் இறகு போன்று நீண்டு காணப்படலாம் (எ.கா. *செஃபலோடேக்சஸ், போடோகார்பஸ்*).

டிரான்ஸ்பியூஷன் திசு பொதுவாக மூன்று வகைச் செல்களைக் கொண்டிருக்கின்றது: டிரக்கீடுகளை ஒத்த செல்கள், பாரங்கைமா செல்கள், அல்புமின் செல்கள். இவற்றில் முதல் இரண்டு செல்வகைகள் சைலத்தோடும், மூன்றாவது வகை செல்கள் ஃபுளோயத்துடனும் தொடர்பு கொண்டவை. சில பைனேசி தாவரங்களில் இத்திசு டிரக்கீடு வகைச் செல்களால் மட்டுமே ஆனது; சிலவற்றில் டிரக்கீடுகளும், பாரங்கைமா செல்களும் காணப்பட்டு அல்புமின் செல்கள் காணப்படுவதில்லை. டிரக்கீடுகள் சுருள்தடிப்பு, வலைத்தடிப்பு அல்லது வரையுற்ற குழித்தடிப்பு கொண்டவை; அல்லது இவையனைத்தையும் கொண்டவை (படங்கள் 160 C-G). இத்திசுவின் செயல் என்னவென்று சரியாகத் தெரியவில்லை.

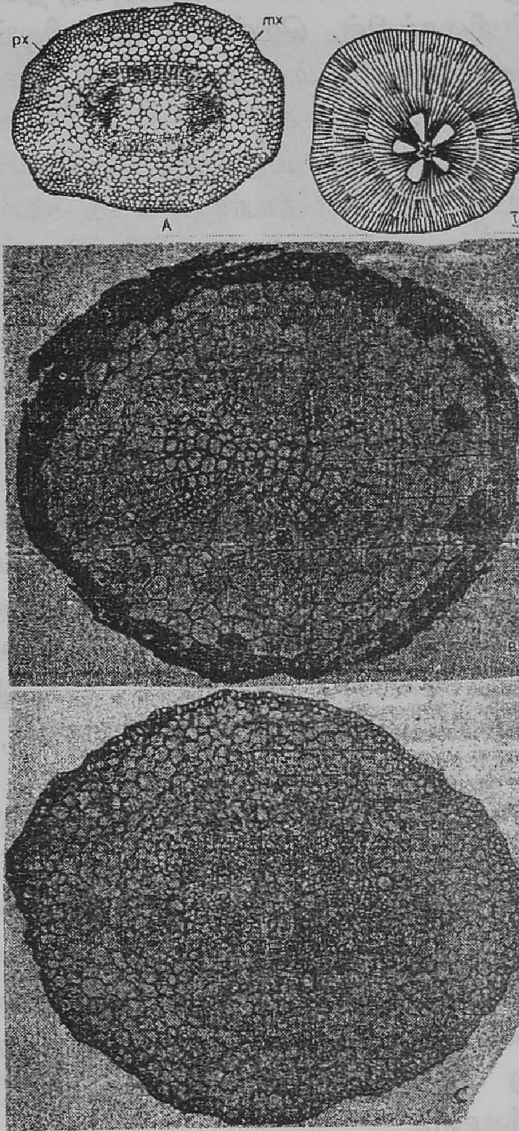



படம் 160: டிரான்ஸ்பியூஷன் திசு. A-C. *போடோகார்பஸ்* இலை. A. டிரான்ஸ்பியூஷன் திசு வாஸ்குலக் கற்றையின் இருபக்கங்களிலும் காணப்படுகிறது. B. டிரான்ஸ்பியூன் திசுவும் (ttr), கூடுதல் டிரான்ஸ்பியூஷன் திசுவும் (att). C. கூடுதல் டிரான்ஸ்பியூஷன் திசுவின் டிரக்கீடும், டிரான்ஸ்பியூஷன் திசுவின் டிரக்கீடும் (வரையுற்ற குழிகளுடன்). D-J. *செஃபலோடேக்சஸ்*. D-G. டிரான்ஸ்பியூஷன் திசு டிரக்கீடுகள். H-J. முறையே இலையின் நுனி, நடு, அடிப்பகுதிகளின் குறுக்கு வெட்டுகள். (Pa. இலையிடைத்திசு; ttr. டிரான்ஸ்பியூஷன்திசு; pH. ஃபுளோயம்; rd.பிசின் கால்வாய்; x. சைலம்). பட உதவி: A-C. Kausik and Bhattacharya; D-J. Griffith

வேர்:

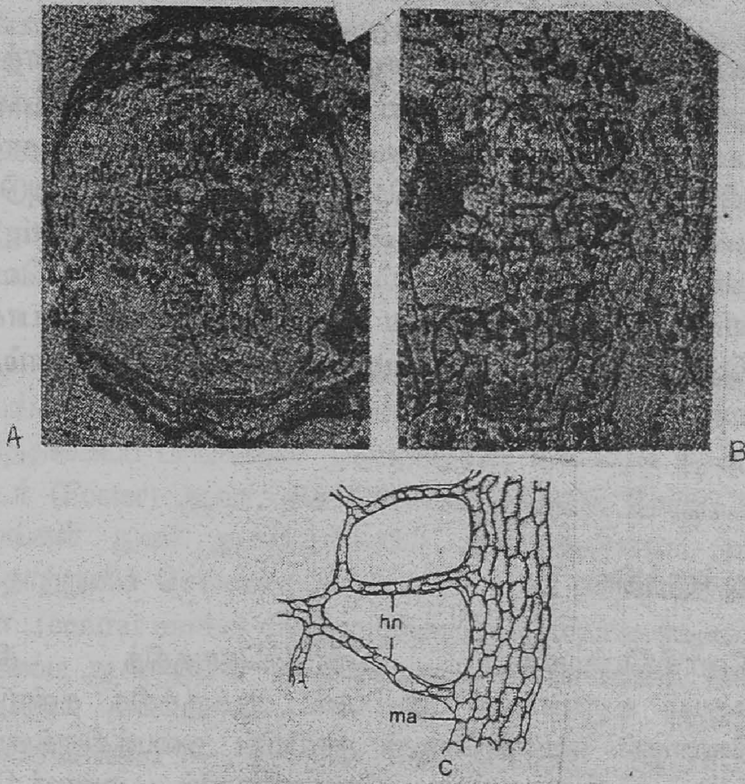
அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் இளம் வேர்களும் புரோட்டோஸ்டீல் பெற்றவை. வேர்களின் ஸ்டீல் ஒரு அகத்தோல் அடுக்கால் சூழப்பட்டுள்ளது. சைலம் புரோட்டோசைலம் மெட்டாசைலம் என்ற இரண்டுகூறுகளைப் பெற்றுள்ளது. புரோட்டோசைலம் புறம் நோக்கிய (exarch) வகையினதாகும். புரோட்டோசைல தொகுப்புகளின் எண்ணிக்கை பொதுவாக இரண்டிலிருந்து (diarch) (எடுத்துக்காட்டுகள்: தொல்லுயிர் எச்ச *கேலோசைலன்*, சைகடுகள், *ஜிங்கோ*, பைனேசி குடும்பத்தாவரங்கள், *போடோகார்பஸ், எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா,* நீட்டம் போன்றவை) (படம் 161 A,B), எட்டு வரை இருக்கலாம். *கார்டைடிஸ்* வேரான *அமையிலானில்* மூன்று முதல் ஐந்து புரோட்டோசைல தொகுப்புகளும், ஒரு சில பைனேசி தாவரங்களிலும் ஜிங்கோவிலும் நான்கு அல்லது ஆறு தொகுப்புகளும், *கிளாசாப்டெரிஸ்* தாவரத்தின் வேரான *வெர்டபிரேரியா*வில் ஐந்து புரோட்டோசைல தொகுப்புகளும் காணப்படுகின்றன (படம் 161D). புரோட்டோசைல கைகளுடன் (xylic arms) மாறிமாறி அதே எண்ணிக்கையில் ஃபுளோயத் தொகுப்புகள் வேறு ஆரப் போக்குகளில் அமைந்துள்ளன. பொதுவாக பித் திசு காணப்படுவதில்லை. பைனேசி தாவரங்களில புரோட்டோசைல நுனிகளுக்கு அருகில பிசின் கால்வாய்கள் காணப்படுகின்றன (படம் 161B,C).




படம் 161: வேரின் உள்ளமைப்பு. A. *எஃபீட்ரா.* இளம்வேரின் குறுக்குவெட்டு. B. *பைனஸ் ராக்ஸ்பர்கிஜ* (இரண்டும், இரண்டு புரோட்டோசைல தொகுப்புகளைக் கொண்டுள்ளன). C. *பைனஸ்* சிற்றினம் (நான்கு புரோட்டோசைல தொகுப்புகள் கொண்டவேர்). D. *வெர்ட்டபிரேரியா.* ஐந்து புரோட்டோசைல தொகுப்புகள் கொண்ட வேர். (rd. பிசின் கால்வாய்; sp. இரண்டாம்நிலை ஃபுளோயம்; sx. இரண்டாம்நிலை சைலம்; px. புரோட்டோசைலம்; mx. மெட்டாசைலம்). பட உதவி: A. Biswas and Johri; B,C. Konar; D. Gould

சைலம், ஃபுளோயம் திசுக்களைச் சுற்றி ஸ்டீல் பகுதியில் ஒன்று முதல் பல அடுக்குகளில பெரிசைக்கிள் (Pericycle) திசு காணப்படுகிறது. ஒரு அடுக்கு பெரிசைக்கிள் *வெல்விட்ஸ்கியா*விலும், 5 அல்லது 6 அடுக்கு பெரிசைக்கிள் *நீட்டம், ஜிங்கோ* ஆகியவற்றின் வேரிலும் காணப்படுகின்றன. பெரிசைக்கிள் பகுதிக்கு வெளிப்புறத்தில் ஒரு அடுக்கலான அகத்தோல் காணப்படுகிறது. பொதுவாக அகத்தோலின் செல்கள் தம்முடைய உள் ஆர சுவரிலும் பக்க சுவர்களிலும் சூபரின் தடிப்பு பெற்றிருக்கின்றன. ஆனால் பைனேசி குடும்பத்தாவரங்கள் பலவற்றின் அகத்தோல் செல்கள் குறிப்பிடத்தக்க தடிப்பினைப் பெற்றிருப்பதில்லை. ஸ்டீலின் பாரங்கைமா செல்கள் பலவற்றில் சிற்றினங்களுக்கேற்ப டேனின், தரசம் போன்ற உள்ளடக்கப் பொருட்கள் காணப்படுகின்றன.

ஸ்டீல் பகுதிக்கு வெளியே புறணி காணப்படுகிறது. புறணியின் தடிப்பு சிற்றினங்களுக்கேற்ப மாறுபடுகிறது. *வெல்விட்ஸ்கியா*வில் ஒன்றிரண்டு அடுக்கு செல்கள் மட்டுமே கொண்டிருக்கும் புறணிப்பகுதி *நீட்டம்*, பைனேசி தாவரங்கள் போன்றவற்றில் அகன்று பல செல் அடுக்குகளைப் பெற்றுள்ளது. புறணியின் அனைத்துச் செல்களும் பாரங்கைமா வகையினதாக உள்ளன; இவற்றில் தரசம், டேனின் போன்ற உள்ளடக்கப் பொருட்கள் காணப்படலாம். *போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்களின் புறணிச் செல்களுக்குள் வேரிப்பூஞ்சைகள் நிரம்பியுள்ளன (படம் 162). இவை அகவேரிப் பூஞ்சைகள் (endomycorrhizae) வகையைச் சார்ந்தவை. *நீட்டம்* வேரில் மட்டும் புறணியில் ஆங்காங்கே ஸ்கெலரங்கைமா நார்கள் காணப்படுகின்றன. வேரின் வெளிப்புற அடுக்கு வேர்த்தூவி அடுக்காகவோ (piliferous layer) (எடுத்துக்காட்டுகள்.. *எஃபீட்ரா, நீட்டம், வெல்விட்ஸ்கியா*) அல்லது வேர்த்தூவிகளற்ற அடுக்காகவோ (எடுத்துக்காட்டுகள்: பைனேசி தாவரங்கள்) இருக்கலாம்.




படம் 162: A,B. *போடோகார்ப்ஸ்.* A. பூஞ்சை வேரியின் குறுக்கு வெட்டுத்தோற்றம். B. A–இன் ஒரு பகுதி பெரிதாக்கப்பட்டுள்ளது. C. *பைனஸ்* பூஞ்சை வேரியின் குறுக்குவெட்டு. ஹார்டிக் வலையமைப்பு (hn) காட்டப்பட்டுள்ளது. பட உதவி: A,B. Konar; C. Hatch and Doak

சைகஸ் தாவரத்தில், ஏற்கனவே குறிப்பிட்டபடி, பவள வேர்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றின் உள்ளமைப்பு சாதாரண இளம் வேரின் உள்ளமைப்பைப் பெரிதும் ஒத்துள்ளது. ஆனால் இவற்றில் இரண்டாம்நிலை குறுக்கு வளர்ச்சி காணப்படுவதில்லை. புறணியில் சயனோபாக்டீரியங்கள் நிறைந்த புறணி அடுக்கு (அல்லது அடுக்குகள்) காணப்படுகிறது (படம் 152 B). இதன் செல்களின் சுவர் உட்புற

நீட்சிகளைக் கொண்டு (உணவு) பரிமாற்ற செல்வகைகளை (transfer cells) ஒத்துள்ளன.

பல பைனேசி தாவரங்கள் சாதாரண இளம் வேர்களைத் தவிர புறவேரிப் பூஞ்சைகள் (ectomycorrhizae) கொண்ட பூஞ்சை வேர்களையும் (mycorrhizae) பெற்றுள்ளன. இவற்றின் உள்ளமைப்பும் சாதாரண இளம்வேரின் உள்ளமைப்பை ஒத்திருந்தாலும், வேரின் புறஅடுக்கைச் சுற்றி பூஞ்சைத் திசுவான ஹார்டிக் வலையமைப்பை (Hartig's net) பெற்றுள்ளன. மேலும், புறணியின் மூன்று நான்கு வெளிப்புற அடுக்குகளின் செல்களுக்கிடையே பூஞ்சைகளின் ஹைஃபாக்களை (hyphae) பெற்றுள்ளன. இத்தகைய வேர்களிலும் இரண்டாம் நிலை (குறுக்கு) வளர்ச்சி காணப்படுவதில்லை (படம் 162 C).

### 4. தண்டு

#### அ. நுனி ஆக்குத்திசு:

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் தண்டுத்தொகுதித் திசுக்கள் அனைத்தையும் உருவாக்கும் அடிப்படை ஆக்குத்திசு தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுவாகும். மையத்தண்டின் நுனியில் அமைந்திருக்கும் நுனி ஆக்குத்திசுவும், இலைகளின் கோணங்களில் அமைந்திருக்கும் கோணநுனி ஆக்குத்திசுக்களும் ஒன்று சேர்ந்து மைய தண்டுத்திசுத் தொகுதியையும், கிளைத்திசு தொகுதியையும் அவற்றோடு இணைந்த இலைகளின் தோற்றுவித் திசுக்களையும் உருவாக்குகின்றன. இனப்பெருக்கப் பருவத்தில் தழைவழி தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுக்கள் இனப்பெருக்க நுனி ஆக்குத்திசுக்களாக மாறுகின்றன.

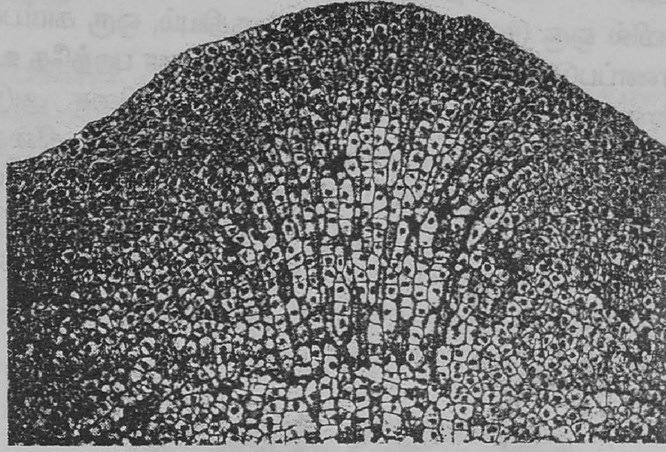
தண்டு நுனி தண்டுநுனி ஆக்குத்திசுவையும், ஒரு சில இளம் இலைத்தோற்றுவிகளையும், வேறுபாடுறாத தண்டுப்பகுதிகளையும் (கணுப்பகுதிகள், கணுவிடைப்பகுதிகள்) கொண்டவை. இவற்றில் நுனி ஆக்குத்திசு என்பது தண்டு நுனியில் அமைந்துள்ள மிகுந்த இளம் தோற்றுவிக்கு மேலமைந்த பகுதியாகும். இதன் உயரமும் அகலமும் தாவரங்களுக்கேற்ப மாறுபடுகின்றன. ஒரே தாவரத்தில் புதிய இலை தோன்றும் போதும், இரண்டு அடுத்தடுத்த இலைகள் தோன்றுவதற்கு

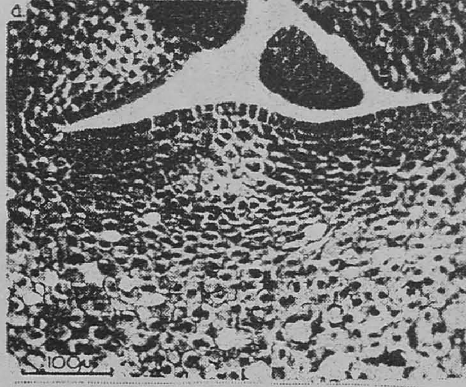
இடைப்பட்ட காலத்திலும் நுனி ஆக்குத்திசுவின் அகலத்திலும் உயரத்திலும் அளவு வேறுபட்டு மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. இத்தகைய மாற்றங்கள் **பிளாஸ்டோகிரான்** (plastochron) மாற்றங்கள் எனப்படும். இதே போன்று, நுனி ஆக்குத்திசுவின் அளவுகள் இளம் தாவரங்களிலும் முதிய தாவரங்களிலும் பெரிதும் வேறுபடுகின்றன; ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலேயே அதிக அகலமான நுனி ஆக்குத்திசுக்கள் சைகடுகளில் காணப்படுகின்றன.

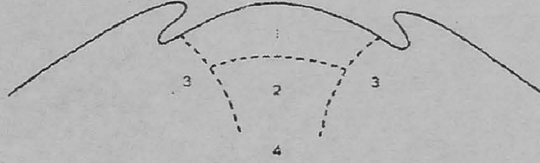
நுனி ஆக்குத்திசுவின் அமைவுப் பாங்கினைப் பொருத்து, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களை இரண்டு அடிப்படை வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(i) முதல் வகையில் நுனி ஆக்குத்திசு செல்லமைப்பில் வேறுபட்ட பல மண்டிலங்களைக் (cytohistological zonation) கொண்டுள்ளது (படம் 163). இத்தகையப் பாங்கினை முதன்முதலில் உலகிற்கு உணர்த்தியவர் ஃபாஸ்டர் (Foster) ஆவர். திசு செல்லமைப்பியலில் வேறுபட்ட நான்கு மண்டிலங்கள் நுனி ஆக்குத்திசுவில் அமைந்துள்ளன. அவையான: **நுனித்தோற்றுவிச் செல்கள்** (apical initial cells) மண்டிலம், **மைய தாய் செல்கள்** (central mother cells) மண்டிலம், புறவமை மண்டிலம் அல்லது **தழுவு அமை ஆக்குத்திசு** (Flanking meristem) மண்டிலம், **வரிசையமை ஆக்குத்திசு** (rib meristem) மண்டிலம் (படம் 163C). நுனித் தோற்றுவிச்செல்கள் ஆக்குத்திசுவின் நுனியில் இரண்டு மூன்று அடுக்குகளில் காணப்படுகின்றன. இவை புறப்பரப்பிற்கு இணையாகவும், செங்குத்தாகவும் செல்பகுப்புகளை அடைகின்றன. செல்கள் ஓரளவுக்கு அடர்த்தியான சைட்டோபிளாசத்தையும், மெல்லிய சுவரையும், சிறிய அளவையும் கொண்டவை. மைய தாய் செல்கள் மண்டிலத்தில் உள்ள செல்கள், ஆக்குத்திசுவிலேயே மிகப் பெரிய அளவினையும், தடிப்பான செல்சுவர்களையும், நுண்குமிழிப்பைகள் நிறைந்த சைட்டோபிளாசத்தையும், மிகக் குறைந்த வேகத்திலும் மிகக் குறைந்த அளவிலும், அனைத்து திசைகளிலும் செல்பகுப்புகள் அடையும் தன்மையையும் கொண்டவை. நுனி ஆக்குத்திசுவின் அனைத்து மண்டில செல்களையும் இம்மண்டில செல்கள்தான் உருவாக்குகின்றன. தழுவமை மண்டல ஆக்குத்திசு செல்கள்தான் நுனி ஆக்குத்திசுவிலேயே மிகச்சிறிய அளவினைக் கொண்டவை. இச்செல்களின் பகுப்புத்திசை பெரும்பாலும் பரப்பிற்கு இணையானதாக அமைந்திருந்தாலும்,

ஓரளவிற்கு புறப்பரப்பிற்கு செங்குத்தாகவும் அமைகின்றன. இம்மண்டிலத்தின் பணி இலைகளையும், கோண மொட்டுகளையும் உருவாக்குதல்தான். நுனி ஆக்குத்திசுவின் நான்காவது மண்டிலம் வரிசையமை ஆக்குத்திசு மண்டிலம்தான். இதன் செல்கள் தண்டின் நீள் அச்சிற்கு இணையாக பல ஒழுங்கான வரிசைகளில் அமைந்துள்ளன. ஓரளவுக்கு பெரிய அளவினையும் அடர்த்தி குறைந்த சைட்டோபிளாசத்தையும் கொண்ட இம்மண்டில செல்கள் தண்டின் நீள்அச்சிற்கு குறுக்கு வாக்கிலமைந்த பகுப்புகள் மூலம் தண்டின் கணுப்பகுதியையும், கணுவிடைப்பகுதியையும் உருவாக்குகின்றன. தாவரங்களுக்கும், அவற்றின் வயதுகளுக்கும் ஏற்ப இந்த நான்கு மண்டிலங்களின் அளவும், செயல்பாடும் வேறுபடுகின்றன. மண்டிலங்கள் கொண்ட நுனி ஆக்குத்திசுதான் பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் காணப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகாடுகள், *ஜிங்கோ*, பல கோனிஃபர்கள்.

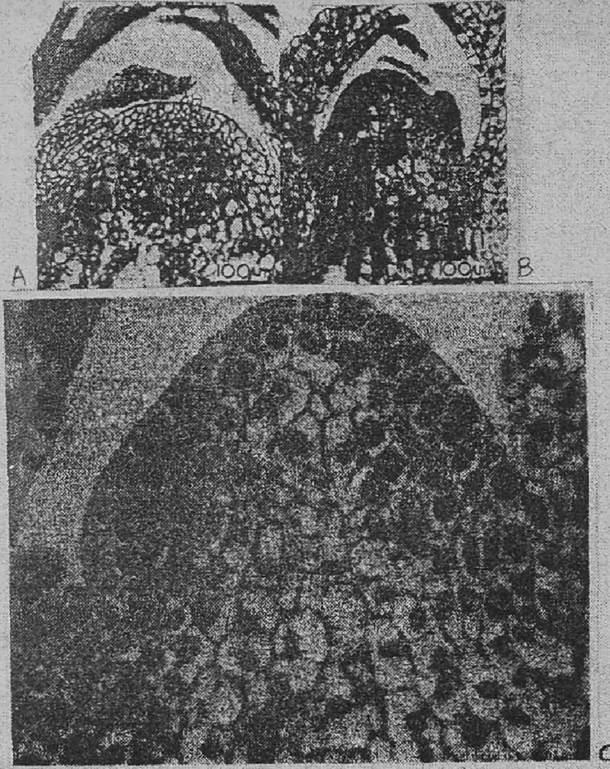



**படம் 163:** தண்டு நுனி ஆக்குத்திசு. செல்வேதியத்திசு மண்டிலங்கள் கொண்டவை. A. *மைக்ரோசைகஸ் கோலோகோமா.* தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுவின் நீள்வெட்டுத்தோற்றம். B. *ஜிங்கோ* தண்டுநுனி ஆக்குத்திசுவின் நீள்வெட்டுத்தோற்றம். C. திசுவேதிய மண்டிலங்கள். கருத்துப்படம் (1. நுனித்தோற்றுவிச் செல்கள் மண்டிலம். 2. மையதாய் செல்கள் மண்டிலம். 3. தழுவுஅமை ஆக்குத்திசு மண்டிலம். 4. வரிசை அமை ஆக்குத்திசு மண்டிலம். படஉதவி: A,C. Foster; B. Clowes

(ii) இரண்டாவது வகை நுனி ஆக்குத்திசு *எஃபீட்ரா, நீட்டம்,* ஒரு சில கோனிஃபர்கள் போன்றவற்றில் காணப்படுகிறது. இவ்வகை ஆக்குத்திசுவில் ஒரு டூனிக்கா (tunica) பகுதியும், ஒரு கார்பஸ் (corpus) பகுதியும் காணப்படுகின்றன (படம் 164). டூனிக்கா புறத்தே உள்ள ஒன்று அல்லது இரண்டு ஒழுங்காக அமைந்த செல்வரிசை அடுக்குகளால் ஆனது. இதன் செல்கள் புறத்திற்கு செங்குத்தான திசையிலமைந்த செல்பகுப்புகளை மட்டும் கொண்டுள்ளன. கார்பஸ் பகுதி நுனி ஆக்குத்திசுவில் டூனிக்கா அடுக்கு அல்லது அடுக்குகளால் சூழப்பட்டிருக்கும். இதன் செல்கள் எல்லா திசைகளிலும் பகுப்படையும் தன்மை கொண்டவை. இவ்வகை நுனி ஆக்குத்திசுதான் பெரும்பாலான பூக்கும் தாவரங்களிலும் காணப்படுகிறது.

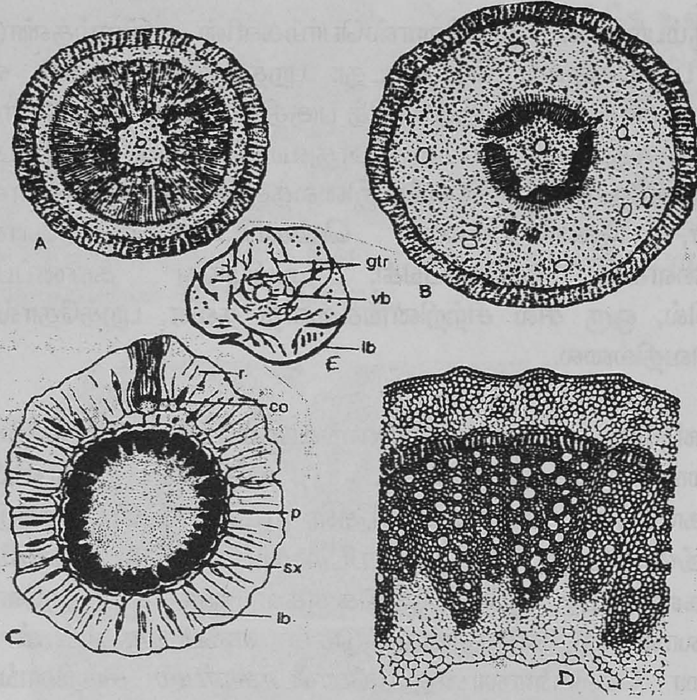



**படம் 164:** தண்டு நுனி ஆக்குத்திசு. A. *பைனஸ் மியூக்கோ.* ஒழுங்கமைவற்ற நுனி ஆக்குத்திசுவின் நீள்வெட்டுத்தோற்றம். B. *டேக்சஸ் பக்கேட்டா.* C. *எஃபீட்ரா.* B,C. டூனிக்கா–கார்பஸ் அமைப்பு கொண்ட நுனி ஆக்குத்திசுக்கள். பட உதவி: A,B. Clowes; C. Foster and Gifford

### ஆ. இளத்தண்டு

பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் இளம்தண்டு மூன்று முக்கியப் பகுதிகளைப் கொண்டது: புறத்தோல், புறணி, ஸ்டீல். ஒரு சிலவற்றில் தண்டின் மையத்தில் பித் பகுதி உள்ளது. புறத்தோல் ஓரடுக்கு செல்களாலானது. இதன் மேல் பொதுவாக தடித்த, குயூட்டிகிள் படலம் உள்ளது. புறத்தோல் ஆங்காங்கே இலைத்துளைகளைக் கொண்டுள்ளது. சைகடுகள், கேனிஃபர்கள், *வெல்விட்ஸ்கியா* போன்றவற்றின் இலைத்துளைகள் உள்ளடங்கி, அமிழ்ந்து காணப்படுகின்றன. புறத்தோலில், ஒரு சில சிற்றினங்களைத் தவிர, புறத்தோல் வளரிகள் காணப்படுவதில்லை.

புறணியின் விட்டம் சிற்றினங்களுக்கேற்ப வேறுபடுகிறது. பித் பாரங்கைமா செல்களால் மட்டுமே ஆகியிருக்கலாம் (எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகடியாய்டுகள் (படம் 165 C), சைகடுகள் (படம் 165 E), *ஜிங்கோ* (படம் 165 A, B), *எபீட்ரா* (படம் 165 D), *பைனஸ்*. ஒரு சில சிற்றினங்களில் புற புறணி அடுக்குகள் ஒரு சில குளோரங்கைமா செல்களாலானவை; எடுத்துக்காட்டுகள்: *எஃபீட்ரா, நீட்டம்.* உள்புறணி பாரங்கைமா செல்களாலானது. *போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்களில் புற புறணி அடுக்கு செல்களில் டேனின் நிரம்பி காணப்படுகிறது. புறணியில் ஆங்காங்கே டேனின் செல்களோ (பல கோனிஃபர்கள்), ஸ்கெலரிடுகளோ (ஒரு சில கோனிஃபர்கள்; *நீட்டம்*), பிசின் கால்வாய்களோ (பல கோனிஃபர்கள்), மியூசிலேஜ் குழாய்களோ (பல சைகடுகள்) காணப்படுகின்றன.




**படம் 165:** தண்டின் உள்ளமைப்பு A,B. *ஜிங்கோ.* C. *சைகடியாய்டியா.* D. *எஃபீட்ரா.* E. *சைகஸ்* (gtr. கச்சை இழுவைகள்; vb. வாஸ்குலக்கற்றை); lb. இலையடி). பட உதவி: A,B. Gangulee and Kar; C. Crepet; D. Biswas and Johri; E. Pant.

இளம் தண்டின் உட்பகுதியில் (அதாவது புறணிக்கு உள்ளே) ஸ்டீல் அமைந்துள்ளது. ஸ்டீல் யூஸ்டீல் (eustele) வகையைச் சேர்ந்தது. அதாவது, ஸ்டீல் பல தனித்தனி வாஸ்குலக் கற்றைகளை ஒரே ஒரு வட்டத்தில் பெற்று காணப்படுகிறது. வாஸ்குலக் கற்றைகளின் எண்ணிக்கை இளம் தண்டின் விட்டத்தைப் பொருத்தது. வாஸ்குலக்கற்றைகளின் இடையே பாரங்கை திசு காணப்படுகிறது. ஒரு வாஸ்குலக்கற்றைக்கும் அதற்கடுத்த கற்றைக்கும் இடையேயுள்ள இடைவெளியின் அளவும் பெருமளவு வேறுபடுகிறது. *நீட்டம், சைகஸ்*

போன்றவற்றில் இவை நெருக்கமாகவும், வேறு சிலவற்றில் இடைவெளி அதிகம் கொண்டுள்ளன. ஸ்டீலில் பெரிசைக்கிள் பகுதி காணப்படலாம்.

ஒவ்வொரு வாஸ்குலக்கற்றையும் உள்ளமைந்த முதல் நிலை சைலத்தையும், வெளியமைந்த ஃபுளோயத்தையும் கொண்டது. இந்த இரண்டு திசுக்களும் கற்றையின் ஒரே ஆரத்தில் ஒன்றைத் தொடர்ந்து மற்றொன்று அமைந்துள்ளது. புரோட்டோசைலம் உள்நோக்கியது. சைலம் டிரக்கீடுகளை மட்டும் கொண்டுள்ளது. *நீட்டம், எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா* ஆகிய மூன்றிலும் சைலம் வெசல்கள் காணப்படுகின்றன. *நீட்டத்*தில் ஃபுளோயத்திற்கு வெளியே ஒவ்வொரு கற்றையும் ஒரு ஸ்கெலரங்கைமா தொப்பியைப் பெற்றுள்ளது. ஃபுளோயம் திசுவில் சல்லடைக்குழாய்களும், துணை செல்களும் காணப்படுவதில்லை.

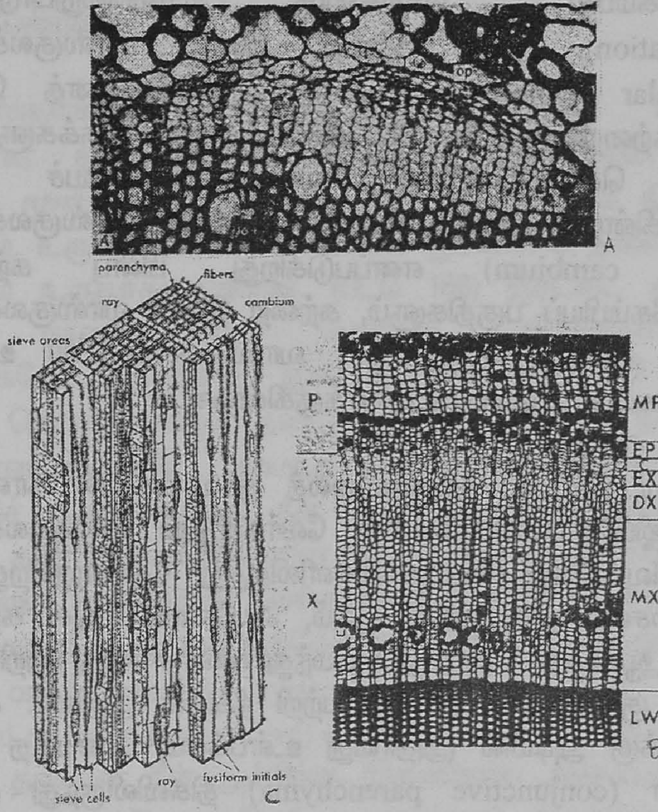
தண்டின் கணுப்பகுதியில் தண்டின் யூஸ்டீலில் இருந்து இலை இழுவைகள் (leaf traces) கிளம்பி இலைக்குள் செல்கின்றன. இவ்வாறு இலை இழுவைகள் தண்டின் ஸ்டீலில் இருந்து பிரியும் போது இலைப்பொந்துகள் (leap gaps) (இவை பாரங்கை செல்களாலானவை) ஏற்படுகின்றன (பூக்கும் தாவரங்களில் காணப்படுவது போன்று) பல சைகடுகளில், குறிப்பாக *சைகஸ்* தாவரத்தில், இலை இழுவைகள் சிறப்புத்தன்மை வாய்ந்தவை. இவை அரைக்கச்சை வடிவை (girdle) அடைகின்றன. தண்டின் ஸ்டீலில் இருந்து தோன்றியவுடன் ஒவ்வொரு இலை இழுவையும் நேரடியாக அருகிலமைந்த இலைக்குள் நுழையாமல் அரை வட்ட வடிவில் தண்டின் புறப்பகுதியில் திரும்பி தண்டின் குறுக்கிற்கு இணையாகச் சென்று எதிரில் அமைந்துள்ள இலையில் நுழைகிறது; அதாவது இலை இழுவை தோன்றும் இடத்திற்கு எதிராக அமைந்துள்ள இலையில் நுழைகிறது. (படம் 165E)

இனம் தண்டிலிருந்து இலைக்குள் நுழையும் இலை இழுவைகளின் எண்ணிக்கை சிற்றினங்களுக்கேற்ப பெரிதும் வேறுபடுகிறது.

## 3. குறுக்கு வளர்ச்சியும், கட்டை, பட்டை ஆகியவற்றின் அமைப்பும்

### அ. குறுக்கு வளர்ச்சி

குறுக்கு வளர்ச்சி (growth in girth) இரண்டாம் நிலை வளர்ச்சி (secondary growth) என்றும் இரண்டாம் நிலை தடிப்பு (secondary thickening) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்களின் தண்டு, வேர் ஆகிய இரண்டு அச்சு உறுப்புகளிலும் (axial organs) இந்த வளர்ச்சி காணப்படுகிறது; இவற்றில் வாழ்ந்து மறைந்த தொல்லுயிர் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் அடங்கும். குறுக்கு வளர்ச்சியின் காரணமாக தண்டும் வேரும் தொடர்ந்து பருமனில் அதிகரித்துக் கொண்டே செல்கின்றன. சைகடுகளின் பவள வேர்களிலும், கோனிஃபர் தாவரங்களின் பூஞ்சை வேரிகளிலும் குறுக்கு வளர்ச்சி காணப்படுவதில்லை. பூக்கும் தாவரங்களின் காணப்படுவது போன்று, அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் குறுக்கு வளர்ச்சிக்குக் காரணமாகத் திகழ்வது வாஸ்குலக்கேம்பியம் (vascular cambium) என்று பக்கவாட்டு ஆக்குத்திசு (lateral meristem) தான். (படம் 166) முதல் நிலை வளர்ச்சி தண்டிலும், வேரிலும் முடியும் தறுவாயில் வாஸ்குலக்கேம்பியம் தோன்றி குறுக்கு வளர்ச்சியை உண்டாக்குகிறது.




**படம் 166:** வாஸ்குலக்கேம்பியம். A. *நீட்டம்* தண்டு குறுக்கு வெட்டு. சைலத்திற்கும் ஃபுளோயத்திற்கும் (op) இடையே காணப்படும் வாஸ்குலக்கேம்பியம். B. *பைசியா* தண்டின் குறுக்கு வெட்டுப்பகுதி, கேம்பிய மண்டிலத்துடன். C. *தூஜாவின்* வாஸ்குலக்கேம்பிய அமைப்பும் அதிலிருந்து பெறப்படும் இரண்டாம்நிலை ஃபுளோயமும் (P.ஃபுளோயம்; mp.முதிர்ந்த ஃபுளோயம்; EP. பெருக்கமடையும் ஃபுளோயம்; C. கேம்பியம்; Ex. பெருக்கமடையும் சைலம்; x. சைலம்; Dx. வேறுபாடுறும் சைலம்; Mx. முதிர்ந்த சைலம்; LW பின்கட்டை). பட உதவி: A. Paliwal and Behnke; B. Harlow; C. Bailey

பூக்கும் இரட்டைவிதையிலைத் தாவரங்களில் காணப்படுவது போன்றே ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் தண்டுகளிலும் வாஸ்குலக்கேம்பியம் இரண்டு வெவ்வேறு மூலச் செல்களிலிருந்து வேறுபாடுறுகிறது. இளம் தண்டின் வாஸ்குலக்கற்றைகளுக்கு இடைப்பட்ட பகுதியின் (interfascicular region) ஒரு சில பாரங்கைமா செல்கள் முதலில்

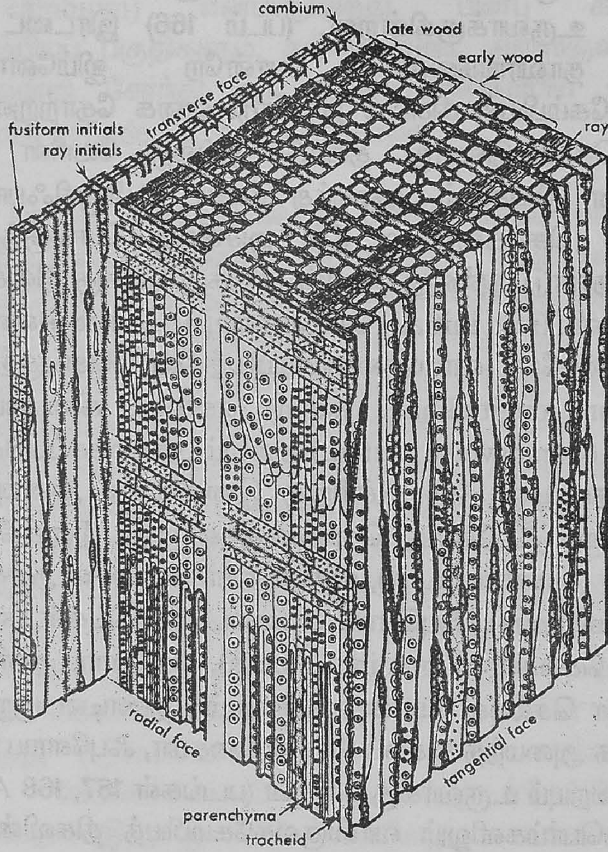
வாஸ்குலக்கேம்பிய செல்களாக மறுவேறுபாடுறுகின்றன (redifferentiation). இது கற்றை இடை வாஸ்குலக்கேம்பியம் (interfascicular cambium) எனப்படுகிறது. இதனைத் தொடர்ந்து, வாஸ்குலக்கற்றைப்பகுதியின் ஃபுளோயம், சைலம் திசுக்களுக்கிடையே அமைந்த செல்களிலிருந்து வாஸ்குலக்கேம்பியச் செல்கள் வேறுபாடுறுகின்றன. இந்தக் கேம்பியம் கற்றை வாஸ்குலக்கேம்பியம் (fascicular cambium) எனப்படுகிறது. பின்பு கற்றைகளின் வாஸ்குலக்கேம்பியப் பகுதிகளும், கற்றை இடை வாஸ்குலக்கேம்பியப் பகுதிகளும் ஒன்று சேர்ந்து ஒரு வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளையை (vascular cambial cylinder) உருவாக்குகின்றன.

பூக்கும் இரட்டை விதையிலைத் தாவரங்களில் காணப்படுவது போன்றே ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் வேர்களிலும் வாஸ்குலக்கேம்பியம் இரண்டு வெவ்வேறு செல்மூலங்களிலிருந்து தோன்றுகிறது. வேரின் ஸ்டீலில் சைலம் திசு கற்றைகளும், ஃபுளோயம் திசு கற்றைகளும் தனித்தனி ஆரங்களில் பிரிந்து அமைந்துள்ளன என்பது பற்றி ஏற்கனவே இந்நூலில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது பற்றி நீங்கள் அறிவீர். ஃபுளோயம் கற்றைகளுக்கு அடியில் (அதாவது உள்பக்கம்) அமைந்த இணைப்பு பாரங்கைமா (conjunctive parenchyma) திசுவிலிருந்து ஃபுளோயம் கற்றைகளின் எண்ணிக்கைக்கு இணையான எண்ணிக்கையில் வாஸ்குலக்கேம்பியப்பகுதிகள் வேறுபடுகின்றன. அதாவது, நான்கு ஃபுளோயம் கற்றைகள் வேரில் இருந்தால் நான்கு வாஸ்குலக்கேம்பியப் பகுதிகள் வேறுபாடுறுகின்றன. இதேபோன்று, புரோட்டோசைல முனைகளுக்கு வெளியே அமைந்துள்ள பெரிசைக்கிள் பாரங்கைமா பகுதிகளிலிருந்து (புரோட்டோசைல முனைகளின் எண்ணிக்கைக்கு இணையான எண்ணிக்கையில்) வாஸ்குலக்கேம்பியப்பகுதிகள் வேறுபாடுறுகின்றன. இந்த இரண்டு, வெவ்வேறு வகைகளில் தோன்றிய, வாஸ்குலக்கேம்பியப் பகுதிகளும் பக்கவாட்டில் இணைந்து ஒரு தொடர்ச்சியான வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளையை உருவாக்குகின்றன. ஆனால், தண்டில் தோன்றிய வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளையைப் போன்றில்லாமல், வேரின் வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளை ஒரு ஒழுங்கற்ற வட்ட வடிவத்தை வேரின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் கொண்டுள்ளது. எனினும், வேரில் குறுக்கு வளர்ச்சி தொடர்ந்து

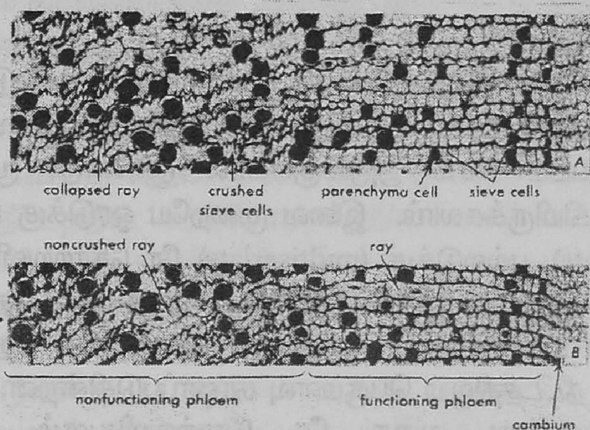
நடைபெறும் போது இவ்வுருளை சீரான வட்ட வடிவத்தை விரைவிலேயே பெற்று விடுகிறது.

வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளையின் செல்கள் புறப்பரப்பிற்கு இணையான திசையில் மேற்கொள்ளும் பகுப்புகளின் (periclinal divisions) மூலம் உருளையின் உட்பக்கம் இரண்டாம் நிலை சைலம் திசுவையும், உருளையின் வெளிப்பக்கம் இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயம் திசுவையும் உருவாக்குகின்றன. (படம் 166) இரட்டை விதையிலைப் பூக்கும் தாவரங்களைப் போன்றே ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் வாஸ்குலக்கேம்பியத் திசுவும் இரண்டு வகை தோற்றுவி செல்களைக் (initials) கொண்டுள்ளது. தண்டு அல்லது வேரின் நீள் அச்சிற்கு இணையான திசையில் அமைந்த நீண்ட ஃபியூசிஃபார்ம் (fusiform) தோற்றுவிச் செல்களையும், நீள் அச்சிற்கு செங்குத்துத் திசையில் (அதாவது தண்டு அல்லது வேரின் குறுக்கு வாக்கு திசையில்) அமைந்த ரே தோற்றுவி (ray initial) செல்களையும் கொண்டுள்ளது. (படம் 167) இவை முறையே வாஸ்குலக்கேம்பியத்தின் செங்குத்துத் தொகுதி (vertical or longitudinal system) எனவும், கிடைமட்டத் தொகுதி (horizontal or transverse system) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவை முறையே தண்டின் நீள் அச்சிற்கு இணையாக அமைந்த இரண்டாம் நிலை சைல, ஃபுளோய செல்வகைகளையும் [டிரக்கீடுகள், வெசல் அங்கங்கள் (காணப்பட்டால்), சைலம் நார்கள், சைல அச்சுப் பாரங்கைமா (axial parenchyma), ஃபுளோய சல்லடை அங்கங்கள் (sieve elements), அல்புமின் செல்கள் (albuminous cells), ஃபுளோய நார்கள், ஃபுளோய பாரங்கைமா செல்கள் போன்றவற்றையும்], தண்டின் குறுக்குவாக்கிற்கு இணையாக அமைந்த சைலம் ரே பாரங்கைமா, ஃபுளோய ரே பாரங்கைமா ஆகியவற்றையும் உருவாக்குகின்றன (படங்கள் 167, 168 A,B). அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் வாஸ்குலக்கேம்பியத் திசுவின் ஃபூசிஃபார்ம் தோற்றுவிகளும், ரே தோற்றுவிகளும் பரிதிக்கு இணையான நீள்வெட்டுத் தோற்றத்தில் (tangential longitudinal sections, TLS) அடுக்கடுக்காக அமையாமல், அவற்றின் நுனிப்பகுதிகள் வெவ்வேறு மட்டங்களில் முடிவடையுமாறு அமைந்துள்ளன. அதாவது, ஒரு ஃபூசிஃபார்ம் தோற்றுவி செல் முடியும் இடத்தில் அதற்கு அடுத்த ஃபூசிஃபார்ம் தோற்றுவியோ, ரே தோற்றுவியோ முடிவடையாமல் வேறு மட்டத்தில் முடிவடைகிறது. இத்தகைய வாஸ்குலக்கேம்பியத்திற்கு

அடுக்கற்ற வாஸ்குலக்கேம்பியம் (non-stratified vascular cambium or non-storeyed vascular cambium) என்று பெயர். இருவிதையிலைத் தாவரங்களின் வாஸ்குலக்கேம்பியத்திசு தாவரங்களுக்கேற்ப அடுக்கற்ற (பெரும்பாலான வகை) அல்லது அடுக்கற்ற (stratified vascular cambium) (அரிதான வகை) வகையினதாக இருக்கலாம்.




படம் 167: *தூஜா*வின் வாஸ்குலக்கேம்பியமும் அதன் செங்குத்து, கிடைமட்ட தொகுதிகளும் அவற்றிலிருந்து பெறப்படும் இரண்டாம்நிலை சைலத்தின் இரண்டு தொகுதி செல்வகைகளும். பட உதவி: Bailey




**படம் 168:** A,B. *பைனஸ் பைனியா.* வாஸ்குலக்கேம்பியமும் அதிலிருந்து பெறப்படும் இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயமும். பட உதவி: Easu

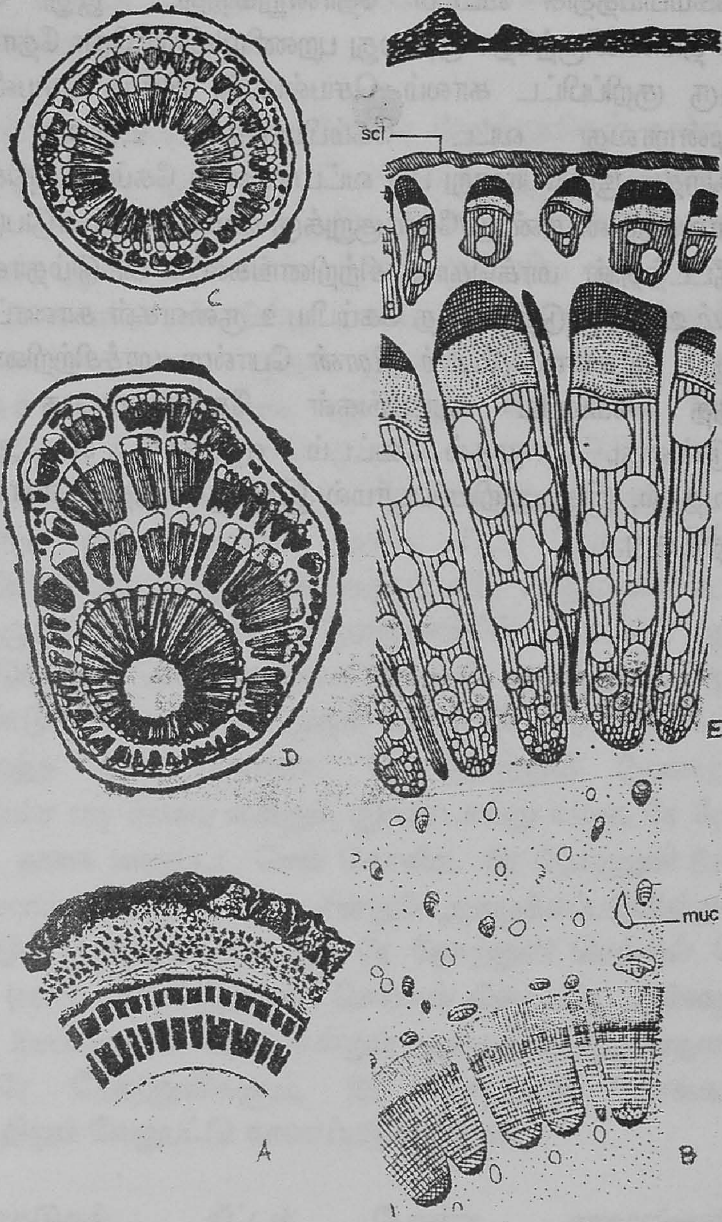
பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் ஒரே ஒரு வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளை மட்டும் தோன்றி தண்டு / வேரின் வாழ்நாள் முழுவதும் செயல்படுகிறது. இதன் காரணமாக தண்டு / வேரின் வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளையின் உட்பகுதியில் இரண்டாம் நிலை சைலம் (secondary xylem) அல்லது கட்டை (wood) திசுவும் வெளிப்புறம் இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயம் திசுவும் (secondary phloem tissue) கேம்பியத் தோற்றுவிகளின் புறப்பரப்பிற்கு இணையான திசையில் அமைந்த செல் பகுப்புகளின் மூலம் தோன்றுகின்றன; தண்டு / வேர் குறுக்குவாக்கில் பருமனைகிறது. இந்த தொடர்ந்த பருமன் வளர்ச்சிக்கு ஈடு கொடுக்கும் வகையில் வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளையின் சுற்றளவும் (perimeter) கூடிக் கொண்டே இருக்க வேண்டும். அதாவது, கேம்பியத்திசுவின் ஃபூசிஃபார்ம் தோற்றுவிகளின் எண்ணிக்கையும், ரே தோற்றுவிகளின் எண்ணிக்கையும் தொடர்ந்து அதிகரிக்க வேண்டும். ஃபூசிஃபார்ம் தோற்றுவிகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பு ஏற்கனவே உள்ள இத்தோற்றுவிகளில் ஏற்படும் புறப்பரப்பிற்குச் செங்குத்தான திசையில் ஏற்படும் பகுப்புகளினால் (anticlinal divisions) ஏற்படுகின்றது. இப்பகுப்பிற்குப் பொய்குறுக்குப்பகுப்பு (pseudo-transverse division) என்றும் பெயர் உண்டு. TLS தோற்றத்தில் ஃபூசிஃபார்ம் தோற்றுவிகளில்

ஏற்படும் தொடர் குறுக்குப்பகுப்புகளினால் ரே தோற்றுவிகள் தோன்றுகின்றன.

வாஸ்குலக்கேம்பியத்திசுவின் ரே தோற்றுவிகள் தண்டு / வேரின் TLS தோற்றத்தில் ஓரடுக்கு செல்களால் ஆகியிருக்கலாம் அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட செல் அடுக்குகளால் (இரண்டு, மூன்று, பல அடுக்குகள்) ஆகியிருக்கலாம். இவை முறையே ஓரடுக்கு (uniseriate), ஈரடுக்கு (biseriate), பல்லடுக்கு (multiseriate) ரே தோற்றுவிகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. முதல் இரண்டு வகை ரே தோற்றுவிகள் கோனிஃபர் தாவரங்களிலும், மூன்றாது வகை ரே தோற்றுவிகள் சைகடுகளிலும், *நீட்டத்*திலும் பெருமளவு காணப்படுகின்றன. ஒரு சில தாவரங்களில் மூன்று வகை ரே தோற்றுவிகளும் வெவ்வேறு அளவுகளில் கலந்து காணப்படலாம். TLS தோற்றத்தில் ஒரு ரே தோற்றுவியின் அனைத்துச் செல்களும் ஒரே மாதிரியான உருவத்தைக் கொண்டிருக்கலாம் அல்லது தோற்றுவியின் இரண்டு நுனிகளிலும் காணப்படும் ஒரு செல் (அரிதாக இரண்டு அல்லது மூன்று செல்கள்) சற்று நீண்டு காணப்படும். முதல் வகை ரே தோற்றுவிகள் கொண்ட வகை ஒத்த செல் கொண்ட ரே தோற்றுவி (homogeneous or homocellular ray initial) என்றும், இரண்டாவது வகை ரே தோற்றுவிகள் கொண்ட வகை மாறுபட்ட செல் கொண்ட ரே தோற்றுவி (heterogenous or heterocellualar ray initial) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. நீண்டு காணப்படும், நுனியில் அமைந்த ரே தோற்றுவி செல்கள் **செங்குத்துச் செல்கள்** (erect cells) மற்றவகை செல்கள் **கிடைமட்ட அல்லது படர்க்கை செல்கள்** (procumbent cells) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவ்விரு வகை ரே தோற்றுவிகளும், ரே தோற்றுவிச் செல்களும் RLS தோற்றத்திலும் வேறுபட்டு காணப்படுகின்றன.

சைகடுகள், *நீட்டம்* போன்ற தாவரங்களில் பல வாஸ்குலக்கேம்பியத்திசு உருளைகள் ஒன்றைத் தொடர்ந்து மற்றொன்றாக பல தொடர் வட்டங்களில் தோன்றி செயல்படுகின்றன (படம் 169). முதல் வாஸ்குலக்கேம்பிய வட்டம் முன்னமே விளக்கியபடி தோன்றி உள்பக்கம் இரண்டாம் நிலை சைலத்தையும், வெளிப்பக்கம் இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயத்தையும் உருவாக்குகிறது. ஒரு சில மாதங்கள்/ ஆண்டுகள் செயல்பட்ட பின்பு இவ்வளையம் செயலிழந்து

அடுத்த கேம்பியத்திசு வட்டம் தோன்றுகிறது. இது பொதுவாக ஃபுளோயம் திசுவிலிருந்தோ அல்லது புறணியிலிருந்தோ தோன்றுகிறது. இதுவும் ஒரு குறிப்பிட்ட காலம் செயல்பட்டு பின்பு செயலிழக்கிறது. பின்பு மூன்றாவது வட்ட கேம்பியத்திசு உருளை தோன்றி செயல்படுகிறது. இதுபோன்று பல வட்டங்களில் கேம்பியத்திசு உருளை தோன்றி தாவரத்தின் தண்டு/வேர் குறுக்கு வளர்ச்சியில் ஈடுபடுகின்றன. முன்னர், நீட்டத்தின் மரக்கொடி சிற்றினங்களில் மட்டும்தான் (lianes, எ.கா. *நீட்டம் உலர்*) அடுத்தடுத்த கேம்பிய உருளைகள் காணப்படுவதாக கூறப்பட்டது. ஆனால், *நீட்டம் நீமான்* போன்ற மரச்சிற்றினங்களிலும் அடுத்தடுத்த கேம்பிய வட்டங்கள் தோன்றுவதாக தற்போது அறியப்பட்டுள்ளது. முதல் வட்டம் ஏறத்தாழ 30 ஆண்டுகள் செயல்படுவதால், இது அறியப்படாமல் இருந்து வந்தது என்பது இங்கு குறிப்பிடத்தக்கது.




படம் 169: பலவட்ட வாஸ்குலக்கேம்பியங்களும், அவற்றிலிருந்து பெறப்படும் பலவட்ட இரண்டாம்நிலை வாஸ்குலத்திசுக்களும். A,B. *சைகஸ்.* C,D. *நீட்டம் உலா.* (muc. மியூசிலேஜ் குழாய்கள்; scl. ஸ்கெலரங்கைமா). பட உதவி: A,B. Pant; C,D. Maheswari and Vimla Vasil.

சைகடுகளிலும், *நீட்டத்திலும்* காணப்படும் இன்னொரு சிறப்புப்பண்பு, கேம்பிய உருளையின் தோற்றுவிச் செல்கள் வளையத்தின் அனைத்து ஆரப்பகுதிகளிலும் ஒரே மாதிரியாகச் செயல்படுவதில்லை என்பது தான். வாஸ்குலக்கற்றைகள் பகுதியில் தோன்றிய வாஸ்குலக்கேம்பியத் திசுவின் செயல்பாட்டால் இரண்டாம் நிலை சைலம் திசுவும், ஃபுளோயம் திசுவும் அக்கற்றைகள் அமைந்துள்ள ஆரப்பகுதியில் மட்டும் உருவாக்கப்படுகின்றன. கற்றையிடை அமைந்த வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளைப் பகுதியின் திசு பகுப்படைந்து பாரங்கைமா திசுவை மட்டுமே உருவாக்குகின்றது. எனவே, ஒரு முதிர்ந்த தண்டு அல்லது வேரை குறுக்குவெட்டில் பார்க்கும்போது அது பல வட்டங்களில் அமைந்த வாஸ்குலக்கற்றைகளைக் கொண்டிருப்பது போன்று காட்சி தருகிறது.

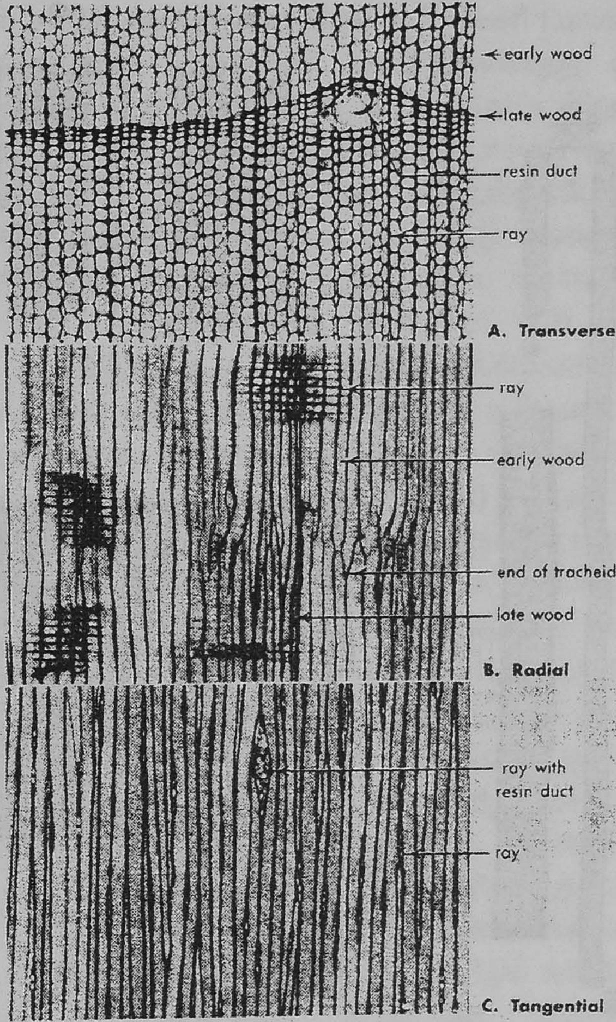
தண்டு/வேர் குறுக்குவாக்கில் தொடர்ந்து பருமனில் அதிகரிக்கும் போது அவற்றின் முதல்நிலை சைலம், ஃபுளோயம், புறணி, புறத்தோல் திசுக்கள் வெவ்வேறு அளவிற்கு சிதைவடைகின்றன. இந்நிலையில் முதல்நிலை ஃபுளோயத்திலிருந்தோ, புறணியிலிருந்தோ, இன்னொரு பக்கவாட்டு ஆக்குத்திசுவான தக்கைக்கேம்பியம் (cork cambium) அல்லது ஃபெல்லோஜன் (phellogen) தோன்றி அதன் பகுப்பின் மூலம் பட்டைத்திசுவை (bark) உருவாக்குகிறது. பட்டைத்திசுவின் அமைப்பு இந்நூலில் பின்னர் விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

### ஆ. கட்டையின் அமைப்பு

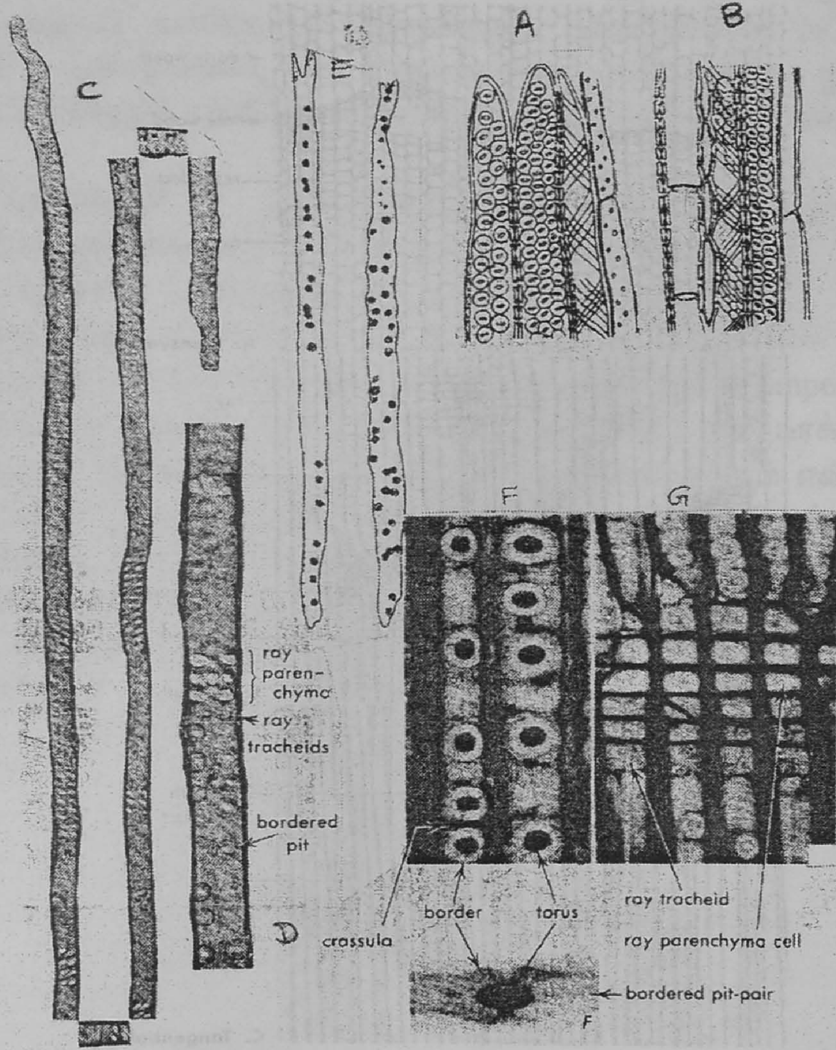
i. **கோனிஃபர் வகை கட்டை:** கட்டைகள் பொதுவாக இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன: மென்கட்டைகள் (soft woods), வன்கட்டைகள் (hard woods). முதல் சொல் பொதுவாக ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்களின் கட்டைகளுக்கும், இரண்டாவது சொல் இருவிதையிலைத் தாவரங்களின் கட்டைகளுக்கும் சுட்டப்படுகின்றன. இரண்டு வகைக் கட்டைகளும் ஒரு சில அடிப்படை அமைவுப் பண்புகளில் வேறுபட்டுள்ளன என்றாலும், இந்த வேறுபாடுகள் அடர்த்தி, வன் தன்மையின் அளவுகளின் அடிப்படையில் உண்டாக்கப்பட்டவையல்ல. ஜிம்னோஸ்பெர்ம் கட்டை அமைப்பில் ஒருமித்தத்தன்மை (homogenous) கொண்டது – அதாவது நீண்ட, நேரான செல் அங்கங்கள் அதிக

எண்ணிக்கைகளில் கொண்டது. எனவே இவற்றில் மர வேலைப்பாடுகள் எளிதில் செய்ய முடிகிறது. மேலும், இவை எழுதுதாள் (paper) உற்பத்திக்கு மிகவும் பொருத்தமானவை. ஆனால், பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பல இருவிதைத் தாவரங்களின் கட்டைகள் மிகவும் வலிவானவை, அடர்த்தியானவை. ஏனெனில் இவற்றில் நார்டிரக்கீடுகளும், லிப்ரிஃபார்ம் நார்களும் அதிக அளவில் உள்ளன.

கோனிஃபர் தாவரங்களின் கட்டை ஓரளவிற்கு எளிதானஅமைப்பினைப் பெற்றவை; இருவிதையிலைத் தாவர கட்டைகளின் அமைப்பைவிட இவற்றின் அமைப்பு மிகவும் எளிமையானது. இவற்றின் முக்கியப் பண்பு வெசல்கள் அற்ற தன்மைதான். டிரக்கிய அங்கங்கள் நுனித்துளை அற்றவை (imperforate); பெரும்பாலும் டிரக்கீடுகளால் ஆனவை. (படம் 170) நார் டிரக்கீடுகள் பருவக்கடைநிலைக் கட்டையில் (late wood) காணப்படலாம் என்றாலும் லிப்ரிஃபார்ம் நார்கள் அறவே காணப்படுவதில்லை. டிரக்கீடுகள் மிகவும் குறுகியவை, நீண்டவை, 2 முதல் 5 மி.மீ அளவு நீளம் கொண்டவை. டிரக்கீடுகளின் நுனிகள் ஆப்பு வடிவானவை; ஆப்பின் மழுங்கிய நுனி கட்டையின் ஆர இணைப்போக்கு நீள்வெட்டில் (RLS) நன்கு காணப்படும் (படம் 171 A, C, E, G).




**படம் 170:** டிரக்கீடுகள். A-C. *பைனஸ்.* டிரக்கீடுகளும், ரேக்களும். முறையே குறுக்குவெட்டு, ஆரப்போக்கு நீள்வெட்டு, பிரிதிஇணைப்போக்கு நீள்வெட்டுத் தோற்றங்கள். பட உதவி: A-C. Esau.



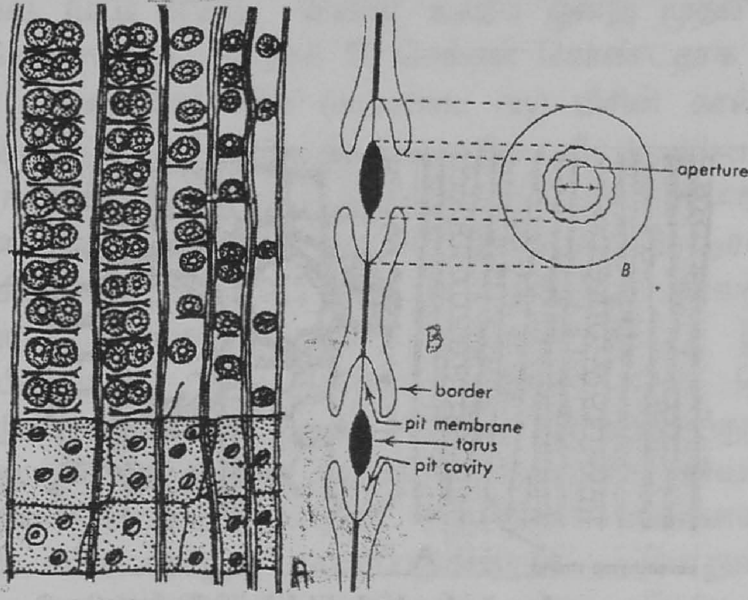

படம் 17t: டிரக்கீடுகள். A,B. *சைகஸ்* ; C. *பைனஸ் லாம்பெர்டியானா.* D.C–இன் ஒரு பகுதி பெருக்கப்பட்டுள்ளது. E,F. *பைனஸ்.* டிரக்கீடுகள் முறையே (TLS, RLS) தோற்றங்களில். G. *எபீட்ரா.* பட உதவி: A,B. Greguss; C-G. Esau.

பெரும்பாலான கோனிஃபர் தாவரங்கள் குளிர்மண்டிலப் பகுதிகளில் வளர்வதால் இவற்றின் கட்டைகளில் ஒவ்வொரு ஆண்டும்

இரண்டு வேறுபட்ட பகுதிகள் காணப்படுகின்றன. நல்ல வளர்சூழ்நிலை உள்ள கோடை, வசந்த காலங்களில் கேம்பிய ஆக்குத்திசுவால் உண்டாக்கப்படும் கட்டைப்பகுதி அகன்ற, பெரிய செல்களால் ஆனவை; செல்சுவர்கள் அதிக தடிப்பற்றவை; செல் உள் வெளி (lumen) அகன்றது. இப்பகுதி கட்டையின் டிரக்கீடுகள் வட்ட வரையுற்ற குழிகளையும் (circular bordered pits) (படம் 171 F), வட்டவடிவ உள்துளைகளையும் கொண்டவை. குழிகள் டிரக்கீடுகளின் ஆரப்போக்குச் சுவரில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. குளிர்காலத்தை நெருங்கும்போது கேம்பிய ஆக்குத்திசுவால் உண்டாக்கப்படும் கட்டைப்பகுதி மிகக்குறுகிய, சிறிய, செல்களாலானவை; செல்சுவர்கள் அதிக தடிப்பு கொண்டவை; செல் உள்வெளி மிகக் குறுகியது (படம் 166B, 167, 170 A). இப்பகுதி கட்டையின் டிரக்கீடுகளின் (அல்லது நார் டிரக்கீடுகளின்) வரையுற்ற குழிகளின் வரைகள் நன்கு வளர்ச்சியடையாமல் உள்துளைகள் முட்டை வடிவைப் பெற்றுள்ளன. குழிகள் டிரக்கீடுகளின் பரிதி இணைப்போக்குச் சுவரிலும் (ஆரப்போக்குச் சுவற்றைத் தவிர) காணப்படுகின்றன. குழிகளின் அமைப்பில் இரண்டு பருவ கட்டைகளுக்கும் இடையே உள்ள வேறுபாடுகளுக்குக் காரணம் டிரக்கீடு சுவரின் தடிப்பு அளவுதான். முதல் வகைக் கட்டைப்பகுதி **கோடைக்கட்டை** (summer wood) அல்லது **பருவத் தொடக்கக் கட்டை** (early wood) என்றும், இரண்டாவது வகைக்கட்டை **பருவக் கடைநிலைக் கட்டை** (late wood) என்றும் முறையே அழைக்கப்படுகின்றன. இதனால் ஒவ்வொரு ஆண்டும் பருவக் கடைசியில் உண்டான கட்டைப்பகுதி கட்டையின் குறுக்குவெட்டில் நம் கண்களுக்கு ஒரு வளையம் போன்று காட்சியளிக்கிறது. இவ்வளையத்திற்கு ***ஆண்டு வளையம்*** **(annual ring)** என்று பெயர். கட்டையில் உள்ள ஆண்டு வளையங்களின் எண்ணிக்கையை வைத்து கட்டையின் (அதாவது மரத்தின்) வயதினை எளிதில் கணித்துவிடலாம். இதேபோன்று பருவத்தொடக்கக் கட்டையின் அமைப்பு பருவக் கடைநிலைக் கட்டையின் அமைப்பு, ஆண்டு வளையத்தின் விட்டம், இதர பண்புகள் போன்றவற்றின் அடிப்படையில் கடந்தகால சூழல்நிலைப் பண்புகளை எளிதில் கண்டுபிடிக்கலாம். இந்த அறிவியல் துறை **மரக்கட்டைக் காலத்தொடர்வியல் (Dendrochronology)** எனப்படுகிறது.

கோனிஃபர் டிரக்கீடுகளின் குழிகள் சிறப்புத் தன்மைகள் பெற்றவை. இவை பொதுவாக வட்டவடிவ வரையுற்ற குழி வகையைச்

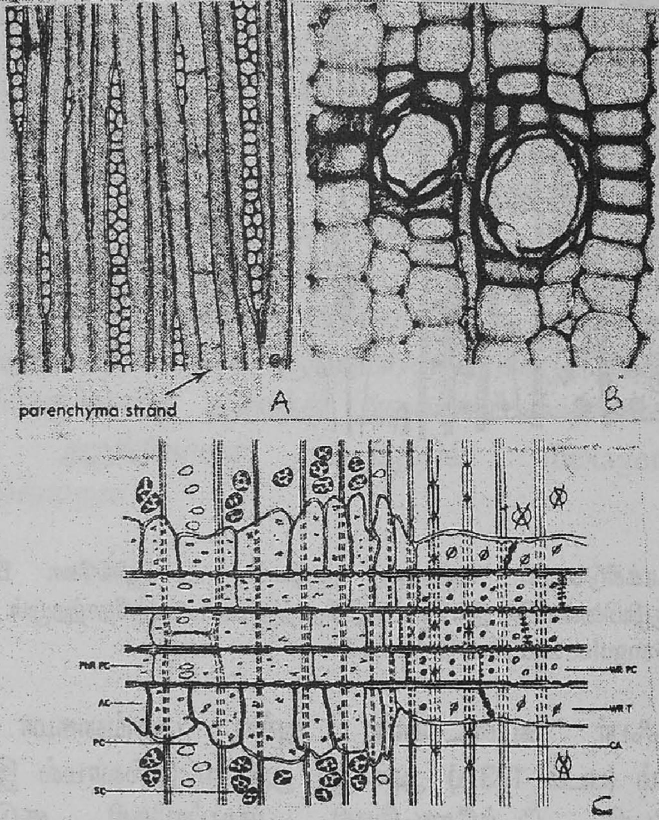
சேர்ந்தவை (படங்கள் 171 A,B,F, 172). குழிகளின் அடர்த்தியையும் அமைவுத் தன்மையையும் பொருத்து குழியின் அமைப்பில் மாற்றங்கள் காணப்படலாம். பொதுவாக குழிகள் டிரக்கீடின் ஆரஇணைப்போக்குச் சுவரில் ஒரே வரிசையில் ஒன்றன்மேல் ஒன்றாக அமைந்து காணப்படும் (படம் 171F). இத்தகைய ஓர் வரிசைக்குழிகள் வட்டவடிவ வரையுற்ற குழிவகையைச் சார்ந்தவையாகும். டேக்சோடியேசி, ஜிங்கோயேசி (படம் 172A) தாவரங்களிலும் பைனேசி தவரங்களிலும் பருவத்தின் தொடக்கத்தில் உண்டாகும் டிரக்கீடுகளில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வரிசைகளில் ஒன்றுக்கு எதிராக மற்றொன்றாக (opposite pitting) வரையுற்ற குழிகள் அமைந்து காணப்படுகின்றன. ஆரக்கேரியேசி குடும்பத்தாவரங்களில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வரிசைகளில் அமைந்த வரையுற்ற குழிகள் மாற்றடுக்க முறையில் (alternate pitting) உள்ளன. மிகவும் அதிக அடுக்குகளில் குழிகள் அமைந்திருந்தாலோ, மிகக் குறுகலான டிரக்கீடுகளாக இருந்தாலோ குழிகள் நெருக்கமாக அமைந்து அவை வட்டவடிவமாக இருப்பதற்கு பதிலாக, அறுங்கோண வடிவத்தில் (hexagonal pitting) காணப்படுகின்றன.




படம் 172: டிரக்கீடுகளின் வரையுற்ற குழிகள். A. *ஜிங்கோ.* B. வரையுற்ற குழியிணையின் நீள்வெட்டுத் தோற்றமும், பரப்புத்தோற்றமும். பட உதவி A. Gangulee and Kar. B. Record.

கோனிஃபர் கட்டைகளில் அச்சு பாரங்கைமா செல்கள் காணப்படலாம் (படம் 173A) அல்லது அறவே இல்லாமல் இருக்கலாம். போடோகார்பேசி, டேக்சோடியேசி, குயூப்ரசேசி குடும்பத்தாவர கட்டைகளில் அச்சு பாரங்கைா மிகச் சிறப்பாக அமைந்து காணப்படுகின்றன. பைனேசி, டேக்சேசி, ஆரக்கேரியேசி கட்டைகளில் இவை அரிதாகக் காணப்படலாம்; அல்லது அறவே இருப்பதில்லை. ஒருசில பேரினங்களில் அச்சு பாரங்கைமா பிசின் கால்வாய்களோடு மட்டும் தொடர்புற்று காணப்படுகின்றன (எடுத்துக்காட்டுகள்: *பைனஸ், பைசியா, லேரிக்ஸ், சூடோசூகா*). (படம் 173B). பிசின் கால்வாய்கள் ஒரு நிலையான பண்பாக ஒருசில கோனிஃபர் கட்டைகளில் காணப்படுகின்றன (எடுத்துக்காட்டு: பைனேசி); ஒரு சிலவற்றில் காயங்களின் காரணமாக காயப்பகுதிக்கு அருகாமையில் பிசின் கால்வாய்கள் புதிதாக உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவை காய பிசின்

கால்வாய்கள் (traumatic resin canals) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. பிசின் கால்வாய்கள் கட்டையின் ஆர ஒருங்கிலும், செங்குத்து ஒருங்கிலும் காணப்படலாம்.




படம் 173: A,B. சூடோசூகா. A. அச்சுப் பாரங்கைமாவும், பிசின் கால்வாயும். B. கட்டையின் பரிதி இணைப்போக்கு நீள்வெட்டு. பாரங்கைமா இழையும், ஓர் வரிசை, இரு வரிசை ரேக்களும். C. *பைசியா.* கட்டையின் ஆரஇணைப்போக்கு நீள்வெட்டுத் தோற்றம். ரே டிரக்கீடுகளை நோக்குக. பட உதவி: A,B. Esau; C. Den Outer

கோனிஃபர் கட்டைகளில் ரேக்கள் (rays) பெரும்பாலும் ஒரு செல் அகலம் கொண்டவை; அரிதாக இரண்டடுக்குகளில் செல்களைக் கொண்டவை. (படம் 173A) ரேவின் உயரம் ஒன்று முதல் இருபது செல்கள் கொண்டதாக, அரிதாக 50 செல்கள் கொண்டதாக உள்ளது. ஒரு செல் வரிசை ரேக்களில் (uniseriate ray) பிசின் கால்வாய்கள் அமைந்து காணப்பட்டால் அந்த ரே பல வரிசை ரே (multiseriate ray) போன்று காட்சியளிக்கின்றது. பொதுவாக ரேக்கள் பாரங்கைமா செல்களாலானவை. ஆனால் ஒருசில ரேக்களில் ரே டிரக்கீடுகள் காணப்படுகின்றன. (படம் 173C) இந்த ரே டிரக்கீடுகள் வடிவத்தில் ரே பாரங்கைமா செல்களைப் போன்றிருந்தாலும், இவற்றில் புரோட்டோபிளாசம் இருப்பதில்லை; இவற்றின் செல்சுவர் இரண்டாம்நிலை லிக்னின் தடிப்பு பெற்று வரையுற்ற குழிகளைப் பெற்றுள்ளது. ரே டிரக்கீடுகள் பெரும்பாலான பைனேசி தாவரங்களில் பொதுவாகவே காணப்படுகின்றன; அரிதாக *சிக்கோயா*விலும், குயூப்ரசேசி கட்டைகளிலும் காணப்படுகின்றன. பொதுவாக ரே டிரக்கீடுகள் ரேவின் விளிம்புப் பகுதிகளில் ஒன்று அல்லது இரண்டு வரிசைகளில் காணப்படுகின்றன.

ஒவ்வொரு அச்சு டிரக்கீடும் ஒன்று அதற்கு மேற்பட்ட ரேக்களுடன் ஒட்டிகாணப்படலாம். அச்சு டிரக்கீடுக்கும், ரே பாரங்கைமா செல்களுக்கும் இடையே அமைந்த குழி இணைகள் (pit pairs) அரை வரையுற்ற (half-bordered) குழிகளாக உள்ளன; இவற்றின் 'வரை' டிரக்கீடு சுவரில் மட்டும் காணப்படும்; ரே பாரங்கைமாவின் குழி எளிய குழிவகையானதாகும். ஆனால் அச்சு டிரக்கீடுகளுக்கும் ரே டிரக்கீடுகளுக்கும் இடையே அமைந்த குழிகள் முழுவதும் வரையுற்றவை.

கோனிஃபர் கட்டைகள் **சாயக்கட்டைகள்** (pycnoxylic woods) வகையைச் சார்ந்தவை. இவற்றில் கட்டை மிக அடர்த்தியானதாகவும், கட்டையின் செல்கள் மிக நெருக்கமாகவும் அமைந்திருக்கின்றன. மேலும், கட்டையில் பாரங்கைமாதிசுவின் (குறிப்பாக ரே திசுவின் அளவு) அளவு மிகவும் குறைவு. ரேக்கள் ஓர் வரிசை (uniseriate) ரேக்களாகும்.

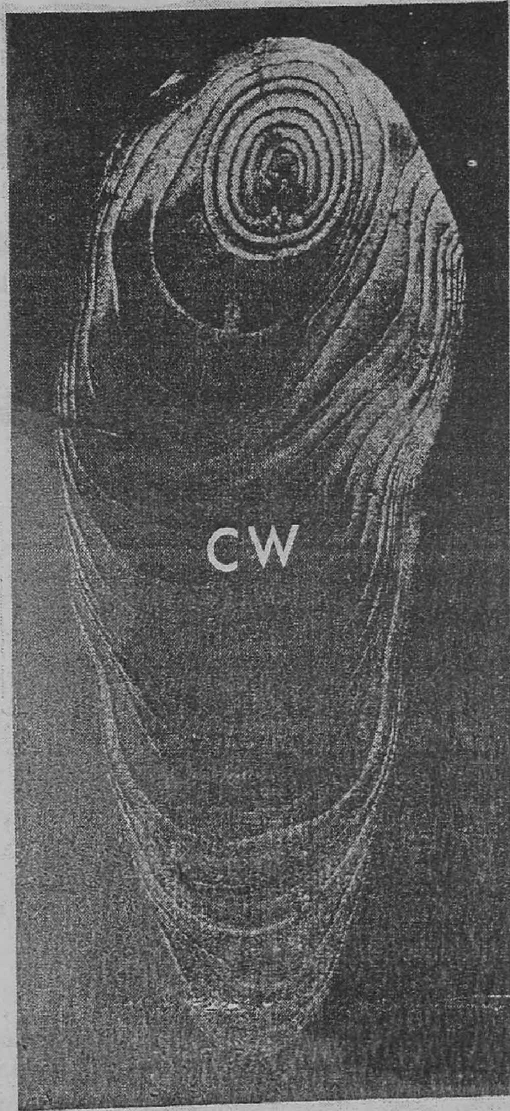
கோனிஃபர் வகை கட்டையமைப்பு கோனிஃபர்கள், *ஜிங்கோ*, *எஃபீட்ரா*, கார்டைட்டேல்ஸ் போன்றவற்றில் காணப்படுகிறது.

ii. **சைகடு வகைக்கட்டை:** இவ்வகைக் கட்டை சைகடுளிலும், நீட்டத்திலும் காணப்படுகின்றது. கட்டையில் டிரக்கீடுகள், அச்சு பாரங்கைமா, ரே பாரங்கைமா போன்றவற்றையும், *நீட்டம்* கட்டையில் வெசல்களும் காணப்படுகின்றன. கட்டை **மேனோசைல** (manoxylic) வகையைச் சார்ந்தது. இதில் பாரங்கைமாவின் அளவு அதிகம், குறிப்பாக ரே பாரங்கைமாவின் அளவு; ரே பலவரிசை ரே ஆகும். கட்டையின் திசுக்கள் சற்று நெகிழ்வாக அமைந்திருக்கின்றன. இதனால் இக்கட்டைகள் பயன்பாட்டுத் தன்மையற்றவை. கட்டைகள் அதிக துவாரத்தன்மை (porous) கொண்டவை.

இ. அமுக்கக்கட்டை:

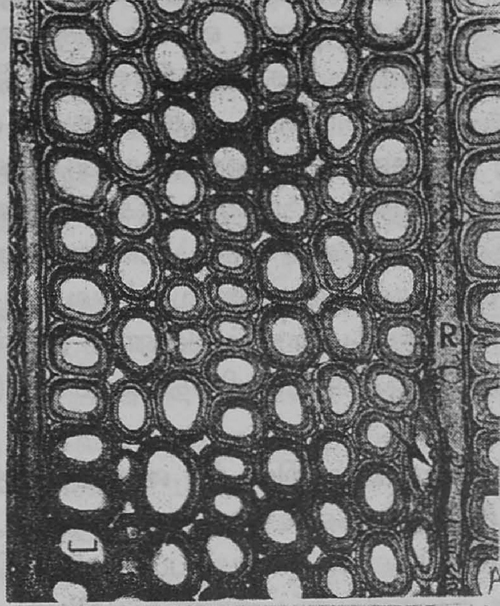
தாவரங்களின் கட்டைகள் புவிஈர்ப்பு விசைக்கு ஏற்ப தம்முடைய அமைப்பில் குறிப்பிடத்தக்க மாற்றங்களைக் காட்டுகின்றன. ஒரு தாவரத்தின் மையத் தண்டோ வேரோ அல்லது அவற்றின் கிளைகளோ செங்குத்தாக வளராமல் சற்று சாய்வாக வளர்ந்தால் அந்த சாய்வான வேர்/தண்டின் கட்டையின் வளர்ச்சி புவிஈர்ப்பு விசையின் தாக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. இதனால் தம்முடைய அமைப்பில் மாறுதலடையும் கட்டைகளுக்கு **எதிர்வினைக்கட்டைகள்** (reaction woods) என்று பெயர். சாய்வான பகுதியின் அடிப்பகுதி (அதாவது புவியை நோக்கிய பகுதி) அமுக்கு விசைக்கும் (compressional force) மேல்பகுதி இழுவிசைக்கும் (tensional force) உட்படுகின்றன. முறையே இவ்விரு பகுதிகளிலும் உண்டாகும் கட்டைகள் அமுக்குக் கட்டைகள் (compression woods) என்றும் இழுவிசைக் கட்டைகள் (tension woods) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. அமுக்குக் கட்டைகள் கோனிஃபர் தாவரங்களிலும், இழுவிசைக் கட்டைகள் இருவிதையிலைத் தாவரங்களிலும் காணப்படுகின்றன. அதாவது, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் தரையை நோக்கிய கட்டைப்பகுதியில் அமுக்கக் கட்டையும், மேல் நோக்கிய கட்டைப் பகுதியில் சாதாரண, இயல்பான கட்டையும் (normal wood), இருவிதையிலைத் தாவரங்களில் தரையை நோக்கிய கட்டைப் பகுதியில் சாதாரண, இயல்பான கட்டையும், மேல்நோக்கிய கட்டைப் பகுதியில் இழுவிசைக்கட்டையும் காணப்படுகின்றன. பெரும்பாலான தாவரங்களில் அமுக்கக் கட்டைப்பகுதியும், இழுவிசைக் கட்டைப் பகுதியும், சாதாரண கட்டைப் பகுதியைவிட அதிக அளவில்

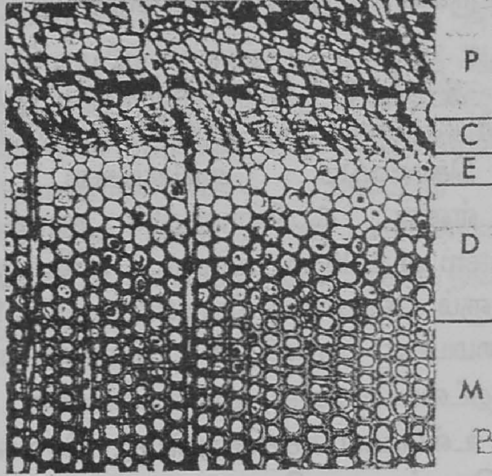
உண்டாக்கப்படுவதால் குறுக்குவெட்டில் வேர்/தண்டு குறுக்குவெட்டில் வட்ட வடிவமாக இல்லாமல் (அதாவது பித் பகுதி சரியான மையத்தில் இல்லாமல்), மையம் விலகிய அமைப்பாகக் (eccentric) காணப்படும் (படம் 174).




படம் 174: *பைசியா.* அமுக்குக் கட்டை (CW). பட உதவி: Timell

அமுக்கக் கட்டை பொதுவாக அடர் சிவப்பு அல்லது பழுப்பு நிறத்திலும், அதனில் அமைந்த ஆண்டு வளையங்கள் எதிர்புறக் கட்டையைவிட அகலமாகவும் கொண்டு காணப்படும். இது இயல்பான கட்டையைவிட 15–40% எடை அதிகமாகவும், அடர்த்தி அதிகமானதாகவும் காணப்படும். இதில் உள்ள டிரக்கீடுகள் இயல்பான கட்டையின் டிரக்கீடுகளைவிட குட்டையானவை, குறுக்குவெட்டில் உருண்டையானவை; டிரக்கீடுகளுக்கிடையே செல்லிடை வெளிகள் காணப்படுகின்றன. (படம் 175 A,B) டிரக்கீடுகளின் இரண்டாம்நிலை செல்சுவரின் மூன்று சுவர் அடுக்குகளில், உள்ளடுக்கு சரியாக உண்டாகியிருக்காது அல்லது காணப்படுவதில்லை. செல்சுவரில் செல்லுலோசைவிட லிக்னின் அதிகஅளவில் உள்ளது. ரே திசு ஓரளவுக்கு அதிக அளவிலும், அதிக வரிசை செல்களையும் கொண்டது. இரண்டாவது செல்சுவர் அடுக்குதான் மிகவும் தடிப்பானது. அமுக்கக்கட்டை பொருளாதார முக்கியத்துவம் அற்றது; ஏனெனில் இது அதிக எடையும், எளிதில் உடையும் தன்மையும், அதிகஅளவில் சுருங்கும் (நீரை இழக்கும் போது) தன்மையும் கொண்டது.




படம் 175: *பைசியா.* A. அமுக்குக் கட்டையின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம். வட்டவடிவ டிரக்கீடுகளும், அவற்றிற்கிடையே உள்ள செல் இடைவெளிகளும். B. கேம்பியத்திலிருநூது அமுக்குக்கட்டை உருவாதல். (P.ஃபுளோயம்; C.கேம்பியம்; E.பெருக்கமடையும் அமுக்கக்கட்டை செல்கள்; D.வேறுபாடுறும் சைலம்; M. முதிர்ந்த அமுக்கக் கட்டை செல்கள்). பட உதவி: Time[11]

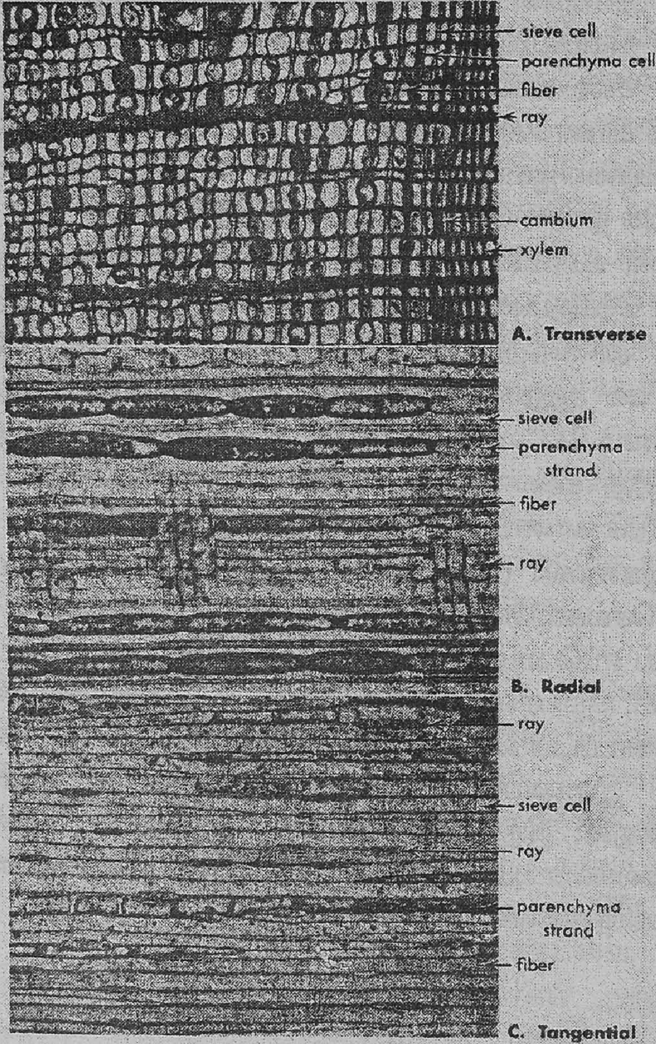
## ஈ. இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயம்

ஒரு கிளை, மைய தண்டு அல்லது வேரில் இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயம் பகுதி இரண்டாம் நிலை சைலம் பகுதியைவிட சிறப்பாக அமைந்து காணப்படுவதில்லை. அதாவது, இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயம் திசு மிகக்குறைந்த பரப்பினையே ஆக்ரமித்துக் காணப்படுகிறது. வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளையால் உண்டாக்கப்படும் சைலம் திசுவின் அளவைவிட ஃபுளோயத்தின் அளவு மிகக்குறைவே. முன்னால் உண்டாக்கப்பட்ட இரண்டாம்நிலை சைலம் பின்னால் உண்டாக்கப்பட்ட இரண்டாம்நிலை சைலத்தால் சிதைவடைவதில்லை. ஆனால் முன்னாள் தோன்றிய இரண்டாம்நிலை ஃபுளோயம் பின்னால் தோன்றிய இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயத்தால் அழுத்தப்பட்டு சிதைவடைகிறது (படம் 168).

பட்டை (bark) என்ற சொல்லின் கீழ் சைலம் பகுதிக்கு வெளியில் அமைந்த அனைத்து ஃபுளோயம் செல்களும் அடங்குகின்றன. செயல்படும் இரண்டாம்நிலை ஃபுளோயம் பட்டையின் மிக உள்ளடங்கிய பகுதியில் கேம்பிய உருளையை ஒட்டி காணப்படுகிறது.

கோனிஃபர் *ஜிங்கோ* தாவரங்களின் ஃபுளோயம் இரு விதையிலைத் தாவர ஃபுளோயத்தை ஒப்பிடும்போது பொதுவாக எளிய அமைப்பினைக் கொண்டும், அதிகஅளவு மாற்றங்களைக் கொண்டிராமலும் உள்ளன. ஃபுளோயத்தின் அச்சுக்கு இணையான ஒருங்கில் (axial system of phloem) சல்லடைச் செல்களும், பாரங்கைமா செல்களும், நார்களும் காணப்படுகின்றன (படம் 176). நார்கள் நீண்டவை, கூர்மையான நுனிகள் கொண்டவை, பரிதிக்கு இணைப்போக்கில் தட்டையானவை, தடுப்புச்சுவர்கள் அற்றவை (non-septate). இவற்றின் உள்வெளி மிகக்குறுகியது; செல்சுவர் தடிப்பானது, பல அடுக்குகள் கொண்டது; பெருமளவு செல்லுலோசால் ஆனது. ஸ்கெலரிடுகளும் ஒரு சில சிற்றினங்களில் காணப்படுகின்றன. பொதுவாக ஸ்கெலரிடுகள் ஃபுளோயத்திற்கு வெளியே ஒரு வட்டமான, மெல்லிய பட்டையாக அமைந்துள்ளன (எ.கா. *ஜிங்கோ*). ஃபுளோயம் ரேக்கள் பொதுவாக ஓர்வரிசை செல்களைக் கொண்டவை. இவற்றில் பாரங்கைமா செல்களும், அல்புமின் செல்களும் (albuminous cells) உள்ளன. அல்புமின் செல்கள் எப்பொழுதுமே ரேயின் விளிம்புகளில்

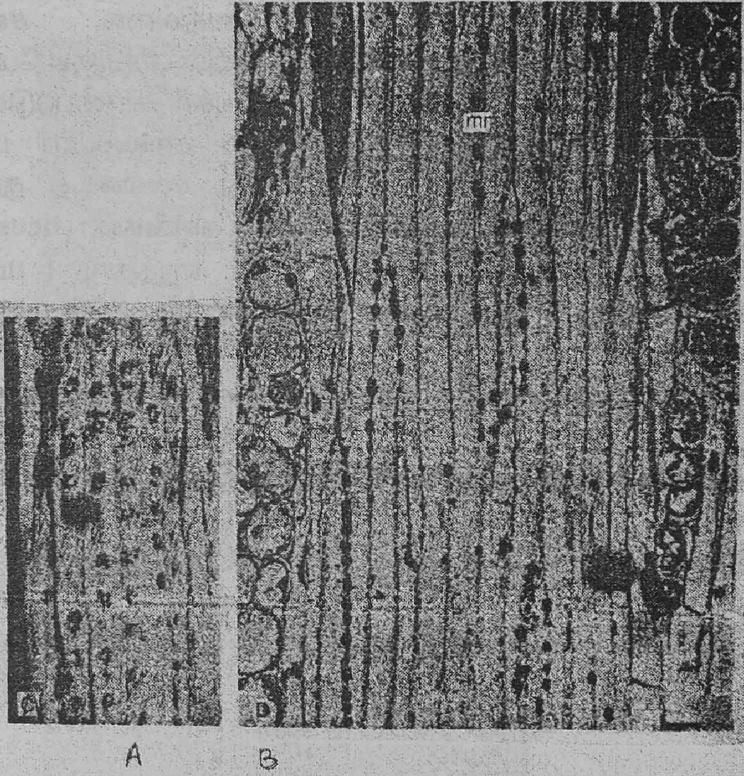
விதிவிலக்கற்று காணப்படுகின்றன. அல்புமின் செல்களில் தரசம் பெரும்பாலான சிற்றினங்களில் காணப்படுகிறது என்றாலும் *ஜிங்கோ*வின் அல்புமின் செல்கள் தரசம் கொண்டிராதவை; ஆனால் கணிகங்கள் கொண்டவை. மேலும் இச்செல்கள் சல்லடைச் செல்களுடன் சல்லடைப் பரப்புகள் மூலம் தொடர்புற்று அவற்றின் அருகாமையில் காணப்படுகின்றன. பிசின்கால்வாய்கள் ஃபுளோயத்தின இரண்டு ஒருங்குகளிலும் காணப்படலாம். சல்லடை செல்கள் (அல்லது அங்கங்கள்) மிக நீண்ட செல்களாகும். இவற்றில் பல கூட்டு சல்லடைத் தட்டுப் பரப்புகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு சல்லடைத் தட்டிலும் தனித்தனி அல்லது சிறிய தொகுப்புகளில் (இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட, மிக நெருக்கமாக அமைந்த) சல்லடைப் பரப்புகள் காணப்படுகின்றன. சல்லடையில் பல குறுகலான சல்லடைக் கால்வாய்கள் (0.1–0.5 μm விட்டமுடையவை) கேலோஸ் படிவுகளுடன் (linings of callose) உள்ளன. பொதுவாக இந்த சல்லடைப் பரப்புகள் சல்லடை செல்லின் ஆர செல் உறையில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. பாரங்கைமா செல்கள் பல ஒன்று சேர்ந்து இழைகளாகக் (Parenchyma stnands) காணப்படலாம் அல்லது தனித்தனி செல்களாகக் காணப்படலாம். நார்கள் *பைனசின்* ஃபுளோயத்தில் எப்பொழுமே காணப்படுவதில்லை; ஆனால் டேக்சேல்ஸ், டேக்சோடியேசி, குயூப்ரசேசி போன்றவற்றில் எப்பொழுதுமே காணப்படும். அப்படிக் காணப்பட்டால் நார்கள் விதிவிலக்கின்றி ஓர் வரிசையில் பரிதிக்கு இணைப்போக்கில் அமைந்த பட்டைகளாகக் காணப்படுகின்றன; இந்த நார்பட்டைகள் பாரங்கைமா செல்களையும், சல்லடைச் செல்களையும் கொண்ட, இவற்றோடு ஒத்த, பட்டைகளுடன் மாறி மாறி அமைந்துள்ளன.




படம் 176: *தூஜா.* இரண்டாம்நிலை ஃபுளோயம். A. குறுக்குவெட்டு. B. RLS. தோற்றம் C.TLS தோற்றம். பட உதவி: Esau

*வெல்விட்ஸ்கியா, எஃபீட்ரா, நீட்டம்* போன்ற தாவரங்களின் சல்லடைச் செல்கள் ஏறத்தாழ ஒரேவித அமைப்பைக் கொண்டுள்ளன. (படம் 177) சல்லடைச் செல்கள் நீண்டவை, கணிகங்கள் கொண்டவை; தரசமணிகள் பெற்றவை; உட்கரு (வெவ்வேறு சிதைவு நிலையில்),

மைட்டோகாண்டிரியங்கள், ER போன்றவற்றைப் பெற்றிருந்தாலும், ரிபோசோம்கள், டிக்டியோசோம்கள், நுண்குழல்கள் போன்றவை காணப்படுவதில்லை; þ–புரதமும் காணப்படுவதில்லை. சல்லடைச் செல்களின் நுனிச் சுவரில், ஆரப்போக்கு நோக்கில் பார்க்கும் போது, ஒரு வரிசை, நெருக்கமாக அமைந்த சல்லடைப் பரப்புகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றைத் தவிர பக்கவாட்டு சுவரிலும் சல்லடைப் பரப்புகள் தொகுப்பாகக் காணப்படுகின்றன. அதாவது, சல்லடைத் துளைகள் பொதுவாக ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு சல்லடைக் களங்கள் (sieve fields) உண்டாக்கப்படுகின்றன. சல்லடைத்துளைகள் ஏறத்தாழ 1 μm வரை விட்டம் கொண்டவை. ஃபுளோயம்திசுவில் பல அல்புமின் செல்களும் காணப்படுகின்றன. இவை அச்சுத் தொகுதியில் (axial system) ஆரப்போக்கு வரிசைகளில் காணப்படுகின்றன அல்லது ஆங்காங்கே சிதறிக் காணப்படுகின்றன. இவை அடர்த்தியான சைட்டோபிளாசத்தையும், மைட்டோகாண்டிரியன்கள், கணிகங்கள், ER, ரிபோசோம்கள், உட்கரு போன்றவற்றைக் கொண்டவை. இவை சல்லடைச் செல்களுடன் கிளைத்த பிளாஸ்மோடெஸ்மாக்கள் மூலம் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. எஃபீட்ராவில் அல்புமின் செல்லும், சல்லடைச் செல்லும் ஒரே தாய் செல்லிலிருந்து தோன்றுகின்றன; இது வேறு எந்த ஜிம்னோஸ்பெர்மிலும் காணப்படுவதில்லை. இப்பண்பில் *எஃபீட்ரா* பூக்கும் தாவர ஃபுளோயத்தை ஒத்திருக்கிறது.




படம் 177: *நீட்டம்.* இரண்டாம்நிலை ஃபுளோயத்தின் அமைப்பு. A.RLS தோற்றம் B.TLS தோற்றம். சல்லடைப் பரப்புகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. பட உதவி: Paliwal and Behnke.

## 2. பெரிடெர்ம்

பெரிடெர்ம் (Periderm) என்பது இரண்டாவது நிலை வளர்ச்சியின் போது தண்டு, வேர் ஆகியவற்றில் தோன்றும் ஒரு பாதுகாப்புத் திசுவாகும். இத்திசு இளம் தண்டு/வேரின் புறத்தோலுக்குப் பதிலாக (ஏனெனில் குறுக்கு வளர்ச்சியின்போது புறத்தோல் அழிக்கப்பட்டு, நீக்கப்படுகிறது) தோன்றும் பல்லடுக்கு செல்களாலான திசுவாகும். இத்திசு ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும், மரத்தன்மை (woody) கொண்ட இருவிதையிலைத் தாவரங்களிலும் சிறப்பாகத் தோன்றுவதால் இதன்

வளர்ச்சியையும் அமைப்பையும் அறிய இவ்விரு தொகுதி தாவரங்களும் சிறந்த முன்மாதிரி எடுத்துக்காட்டுகளாக அமைகின்றன. பெரிடெர்ம் என்பது அறிவியல் அடிப்படையில் வந்த சொல்; இதற்கு இணையான சொல்லான 'பட்டை' (bark) என்பது அறிவியல் சொல்லல்ல. எனினும் நூல்களிலும், ஆய்வுக் கட்டுரைகளிலும், தாவர பயன்பாட்டாளர்கள் இடையேயும் 'பட்டை' என்ற சொல் சரளமாகப் பயன்படுத்தப்படுவதால், இச்சொல்லும் இந்நூலில் (குறிப்பாக இப்பகுதியில்) ஆங்காங்கே பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. உண்மையில் 'பட்டை' என்பது வாஸ்குலக்கேம்பிய உருளைக்கு வெளியே அமைந்த அனைத்து திசுக்களுக்கும் (இரண்டாம்நிலை ஃபுளோயம் உட்பட) பொருந்தும் சொல்; பெரிடெர்ம் என்ற சொல் இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயத்தை உள்ளடக்காது.

பெரிடெர்ம் மூன்று முக்கியத்திசுப் பகுதிகளைக் கொண்டது: (1) *ஃபெல்லோஜன்* (*phellogen*) அல்லது *தக்கைக்கேம்பியம்* (*cork cambium*); இது ஒரு ஆக்குத்திசு; இதிலிருந்துதான் பெரிடெர்ம் உண்டாக்கப்படுகிறது. (2) ஃபெல்லெம் (*phellem*) அல்லது தக்கை (*cork*); இது ஃபெல்லோஜனால் அதற்கு வெளியே உண்டாக்கப்படும் பாதுகாப்புத்திசு. (3) *ஃபெல்லோடெர்ம்* (*phelloderm*) அல்லது *இரண்டாம்நிலைப் புறணி* (*secondary cortex*); இது ஃபெல்லோஜனால் அதனுடைய உட்பக்கத்தில் உண்டாக்கப்படும் திசுவாகும்.

ஃபெல்லோஜனின் அமைப்பு மிகவும் எளியது. வாஸ்குலக்கேம்பியத்தைப் போன்றில்லாமல் இந்த ஆக்குத்திசு ஒரே ஒர வகைத்தோற்றுவிச் செல்களை மட்டும் கொண்டுள்ளது. தண்டு அல்லது வேரின் குறுக்குவெட்டில் ஃபெல்லோஜன் ஒரு தொடர்ச்சியான பரிதி இணைப்போக்கு அடுக்காக (பக்க ஆக்குத்திசு), செவ்வக வடிவ, ஆரப்போக்கில் தட்டையான, செல்களால் ஆனது. இச்செல்கள் ஆரப்போக்கு வரிசைகளில் ஒழுங்காக அமைந்துள்ளன. நீள்வெட்டுத் தோற்றத்தில் ஃபெல்லோஜன் செல்கள் செவ்வக அல்லது பல கோண வடிவங்களைப் பெற்றுள்ளன.

தக்கை திசு செல்களின் செல்சுவரில் சூபரின் என்ற பொருள் படிகிறது. சூபரினின் தடிப்புத் தாவரங்களுக்கு ஏற்ப வேறுபடுகிறது.

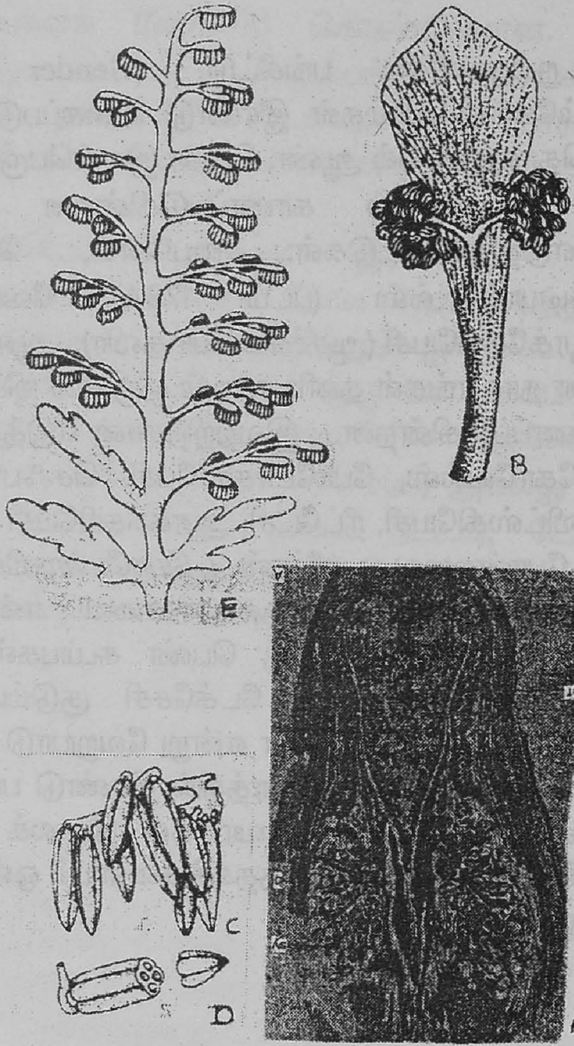
பைனஸ் தக்கையின் செல் உறைகளில் சூபரினைத் தவிர குயூட்டின் என்ற பொருளும் படிந்து காணப்படுகிறது. பல கோனிஃபர் தாவரங்களில் செல் உள்வெளியில் டேனின் நிறைந்து காணப்படுகிறது. தக்கைத்திசு தொடர்ச்சியாக இல்லாமல் ஆங்காங்கே தக்கைத்துளைகளைக் (*lenticels*) கொண்டுள்ளன. இவை வளி பரிமாற்றத்தில் (*gas exchange*) பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. பட்டைத் துளைப்பகுதியில் தக்கைத்திசு உண்டாகாமல் பாரங்கை செல்கள் காணப்படுவதால் வாயு பரிமாற்றம் எளிதாகிறது.

ஃபெல்லோடெர்ம் அல்லது இரண்டாம் நிலை புறணி ஃபெல்லோஜனுக்கும் இரண்டாம் நிலை ஃபுளோயத்திற்கும் (அல்லது சிதைவுற்ற முதல்நிலை ஃபுளோயத்திற்கும்) இடையே காணப்படுகிறது. அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் இது பாரங்கைமா திசுவாலானது. ஆனால் சிற்றினங்களுக்கேற்ப புறணியில் ஆங்காங்கே நார்கள், கல்செல்கள் (*stone cells or brachysclereids*) அல்லது நட்சத்திர வடிவ ஸ்கெலரிடுகள் (*astrosclereids*) (எ.கா. *நீட்டம்*), டேனின் செல்கள், பிசின்குழாய்கள், கால்சியம் ஆர்க்சலேட் கொண்ட செல்கள், மியூசிலேஜ் கால்வாய்கள் போன்றவை காணப்படுகின்றன.

## இனப்பெருக்கம்

### 1. பாலின உறுப்புகளின் பங்கீடு

பாலின உறுப்புகளின் பங்கீட்டு (Gender distribution) அடிப்படையில் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் இரண்டு வகைப்படும். ஒருசில ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தொகுதிகளில் ஆண், பெண் இனப்பெருக்க உறுப்புகள் இரண்டும் ஒரே தாவரத்தில் காணப்படுகின்றன (monoecious). இவற்றிற்கான எடுத்துக்காட்டுகள்: பைனேசி, டேக்சோடியேசி, குயூப்ரசேசி கைடியாய்டேல்ஸ் (படம் 178A), வோல்ட்ஜியேல்ஸ், கார்டைடேல்ஸ், ஆரக்கேரியேசி (ஆரக்கேரியா தவிர). ஆண் தாவரங்கள் தனியாகவும், பெண் தாவரங்கள் தனியாகவும் ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தொகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. இவற்றிற்கான எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகடேல்ஸ் ஜிங்கோவேல்ஸ், போடோகார்பேசி, செஃபலோடேக்சேசி, எஃபீட்ரேசி, வெல்விட்ஸ்கியேசி, நீட்டேசி, ஆரக்கேரியேசி (ஆரக்கேரியா பேரினம் மட்டும்) போன்றவை. *சீட்ரஸ் டியோடோரா*வில் பொதுவாக ஆண், பெண் தாவரங்கள் தனித்தனியானவை என்றாலும், சில சமயங்களில் ஒரே தாவரத்தில் ஆண், பெண் கூம்புகள் இரண்டுமே காணப்படுகின்றன. இதேபோன்று டேக்சேசி குடும்பத்தாவரங்கள் பெரும்பாலும் ஆண், பெண் தாவரங்கள் என்று வேறுபாடு கொண்டவை என்றாலும் சில சமயங்களில் ஒரே தாவரத்தில் இரண்டு பாலுறுப்புகளும் காணப்படலாம். சைகடாய்டேல்ஸ் தாவரங்கள் இலைக் கோணத்தில் உள்ள ஆண், பெண் இரண்டுவகை வித்தகங்களையும் ஒன்றாகப் பெற்ற கூம்புகளைப் பெற்றுள்ளன.



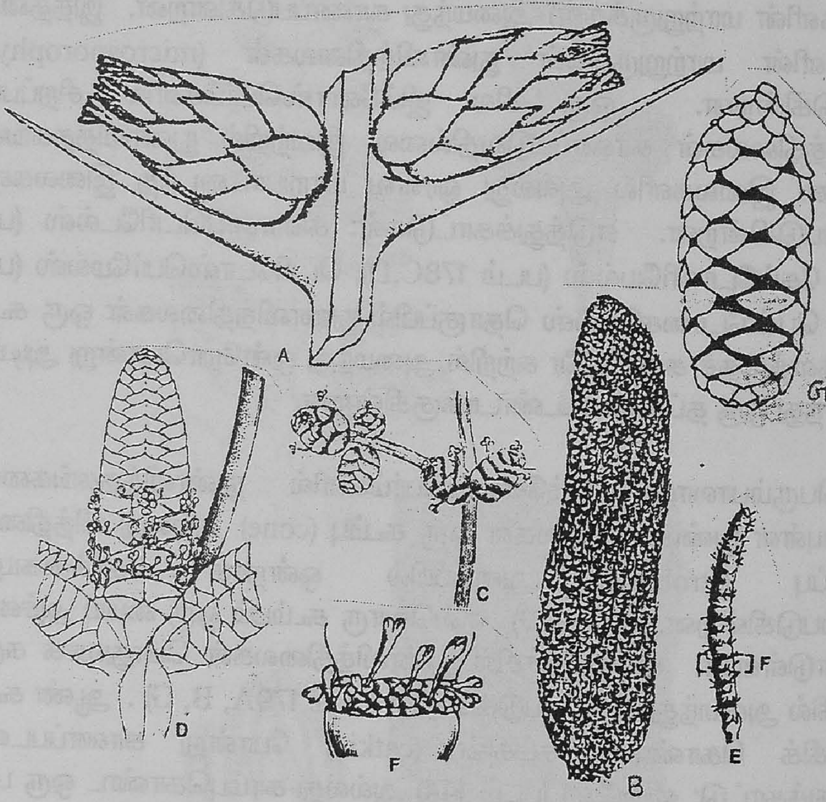
படம் 178: கூம்பற்ற ஆண்பாலுறுப்புகள். A. *சைகடியாய்டியா.* கூம்பின் நீள்வெட்டு. ஆண், பெண் உறுப்புகள் இரண்டும் காணப்படுவதை நோக்குக. B. *எரிடோமோனியா* (கிளாசாப்பெரிடேல்ஸ்). வளமான இலையும் அதனோடு இணைந்த இரண்டு நுண்வித்தத் திரள்களும். C. *கேய்டோனாந்தஸ்.* நுண் வித்தக இலைகள் D. கூட்டு நுண்வித்தகத்தின் குறுக்குவெட்டு. E. *கிராசோதீக்கா.* பட உதவி: A. Crepet; B. Surange; C,D. Harris; E. Andrews

## 2. ஆண் கூம்புகள்

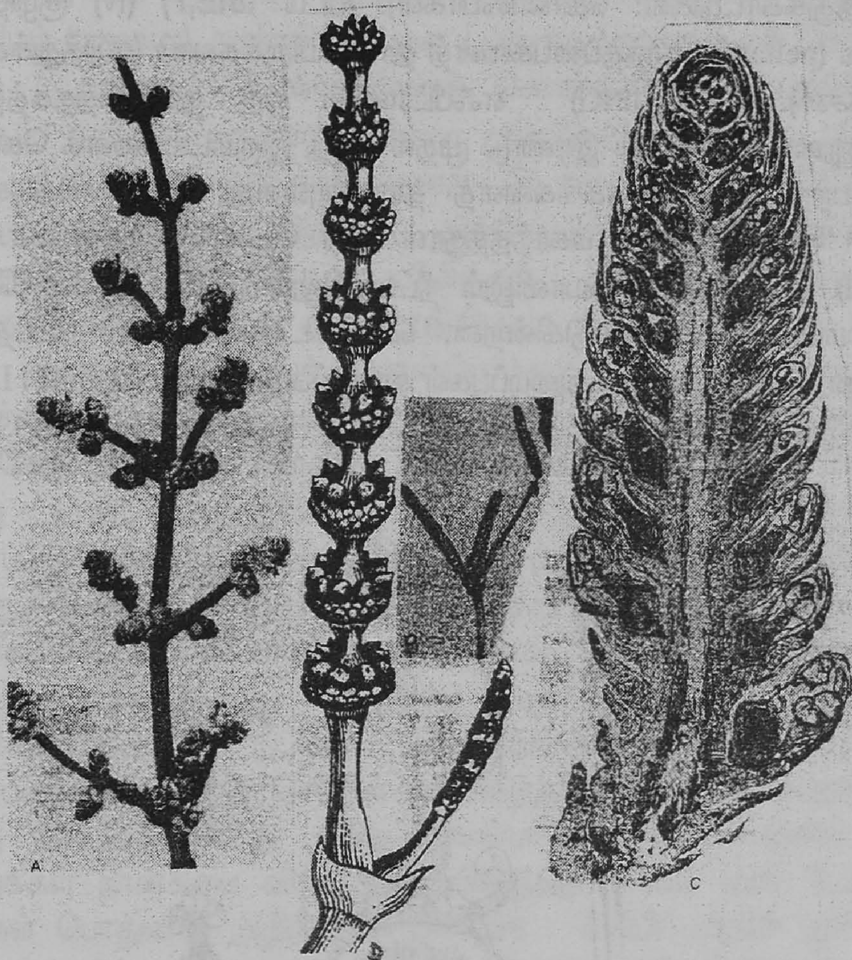
ஆண் இனப்பெருக்க உறுப்பு **நுண்வித்தகம்** (microsporangium ) எனப்படுகிறது. நுண்வித்தகங்கள் பொதுவாக சிறப்பான இலைகளில் (இலைகளின் மாற்றுருக்கள்) அமைந்து காணப்படுகின்றன. இத்தகைய இலைகளின் மாற்றுருக்கள் **நுண்வித்திலைகள்** (microsporophylls) எனப்படுகின்றன. ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் சிறப்பான நுண்வித்திலைகள் காணப்படுவதில்லை; இவற்றில் நுண்வித்தகங்கள் சாதாரண இலைகளில் அல்லது ஓரளவு மாறுபாடடைந்த இலைகளில் தாங்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகள்: கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் (படம் 178 B), கேய்டோனியேல்ஸ் (படம் 178C,D), டெரிடோஸ்பெர்மேல்ஸ் (படம் 178E). பென்டோசைலேல்ஸ் தொகுப்பில் நுண்வித்திலைகள் ஒரு கூம்பு வடிவ தளத்தைச் சுற்றி ஒரே சுற்றில் அமைந்து ஒன்றோடொன்று அடியில் இணைந்து ஒரு தட்டினை உண்டாக்குகின்றன.

பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் நுண்வித்தகங்களைத் தாங்கியுள்ள நுண்வித்திலைகள் ஒரு **கூம்பு** (cone) அல்லது வித்திலைத் தொகுப்பு (strobilus) அமைப்பில் ஒன்றாக சேர்க்கையுற்று காணப்படுகின்றன. (படம் 179) ஒவ்வொரு கூம்பும் ஒரு மைய அச்சைக் கொண்டுள்ளன. மைய அச்சில் நுண்வித்திலைகள் பொதுவாக சுருள் ஒருங்கில் அமைந்து காணப்படுகின்றன (படம் 179A, B, G) . ஆண் கூம்பு தொங்கிக் கொண்டு கேட்கின் (catkin) போன்று காணப்படலாம் (எடுத்துக்காட்டு: *ஜிங்கோ*) (படம் 144) அல்லது காம்புகொண்ட ஒரு பந்து வடிவ தலைப்பகுதியைப் பெற்றிருக்கலாம்; பின் கூறப்பட்டதில் குழித்தட்டு வடிவ (peltate) மகரந்தப்பைகளைக் கொண்ட நுண்வித்திலைகள் காணப்படுகின்றன (எடுத்துக்காட்டு: டேக்சேல்ஸ்). *எஃபீட்ரா*வில் (படங்கள் 179C, 180 A) வித்திலைத் தொகுப்புறுப்புகள் ஒன்றாகத் திரட்டப்பட்டு ஒரு கூட்டு அமைப்பாகக் காணப்படுகின்றன. *வெல்விட்ஸ்கியா*வில் (படங்கள் 179D, 180B,C) வித்திலைத் தொகுப்புக்கு எதிரெதிராக மாற்றடுக்கத்தில் அமைந்த செதில் இலைகள் காணப்படுகின்றன. *நீட்டத்*தில் (படங்கள் 179E,F, 180 D) ஆறு முதல் எட்டு வரை எண்ணிக்கையில் மாற்றடுக்கத்தில் அமையாத கோப்பைகள் (cupules) அல்லது (கழுத்துகள்) வளையங்கள் (collars) ஒரு அச்சைச் சுற்றி அமைந்துள்ளன; ஒவ்வொரு கழுத்தும் ஆண் பூக்களை

கீழ்நோக்கிய முதிர்ச்சி வரிசையில் தாங்கியுள்ளன. ஒவ்வொரு ஆண்பூவும் இரண்டு ஓரறைக் கொண்ட மகரந்தப்பைகளைத் தாங்கியுள்ள ஒரு காம்பினைப் பெற்றுள்ளன(படம் 179F).



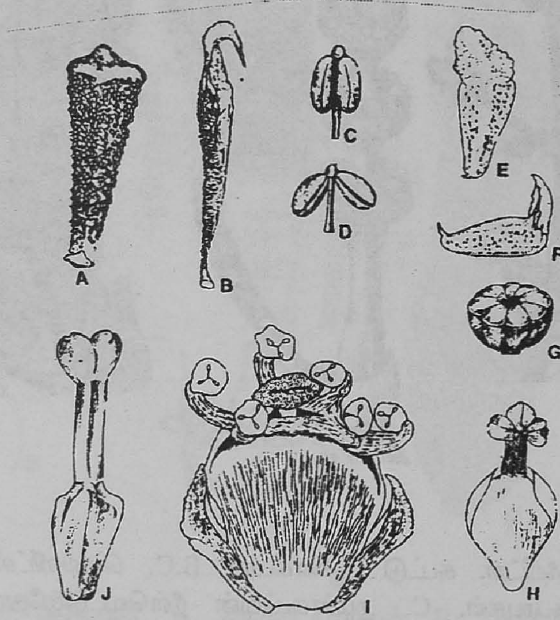

படம் 179: ஆண் கூம்புகள். A. *கார்டையாந்தஸ்.* B. *சைகஸ்.* C. *எஃபீட்ரா.* D. *வெல்விட்ஸ்கியா.* E,F. *நீட்டம்.* G. *ஆண்ட்ரோஸ்ட்ரோபஸ்.* பட உதவி: A. Delevoryas; B. Paut; C. Tiagi; D. Chamberlain; E,F. Vasil; G. Harris.




படம் 180: A. *எஃபீட்ரா.* கூட்டு ஆண்கூம்பு; B.C. *வெல்விட்ஸ்கியா.* B. மூன்று ஆண்கூம்புகள். C. ஆண்கூம்பின் நீள்வெட்டுத்தோற்றம். D. *நீட்டம்.* கிளைத்த ரெசீம் முறையில் அமைந்துள்ள ஆண் கூம்புகள். பட உதவி: A. Foster and Gifford; B. Bierhorst; C. Rodin; D. Maheswari and Vimla Vasil

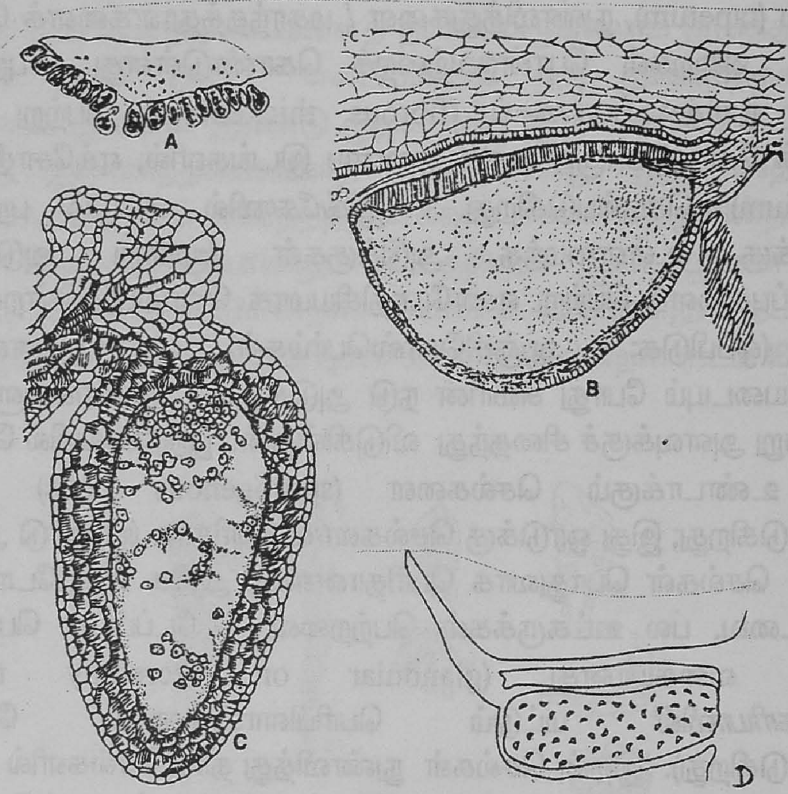
அ. **நுண்வித்திலை:** நுண்வித்திலைகள் (படம் 181) (i) அதிக எண்ணிக்கைகளில் நுண்வித்தகங்களைத் தம்முடைய முழு அடிப்பரப்பிலும் பெற்றிருக்கலாம் (எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகடுகள்). (படம் 181A,B) (ii) இரண்டு – அரிதாக மூன்று முதல் ஏழு வரை – தொங்கிக் கொண்டிருக்கும் நுண்வித்தகங்களைப் பெற்றிருக்கலாம் (எடுத்துக்காட்டு: *ஜிங்கோ*). (படம் 181C,D) (iii) இரண்டு

நுண்வித்தகங்களை தம்முடைய அடிப்பக்கத்தில் பெற்றிருக்கலாம் (எடுத்துக்காட்டுகள்: கோனிஃபர்கள்). (படம் 181E,F) (iv) குழித்தட்டு வடிவ (peltate) மகரந்தப்பைகளைத் தாங்கியிருக்கலாம் (எடுத்துக்காட்டு: *டேக்சஸ்*). (படம் 181G) எஃபீட்ராவில் ஒரு நுண்வித்தகத்தாங்கி தன்னுடைய நுனியில் இரண்டு முதல் ஆறு, இருமடல்களைக் கொண்ட, காம்பற்ற, நுண்வித்தகங்களைத் தாங்கியுள்ளது; இந்த வித்தகங்கள் நுனி வெடிப்பு மூலம் மகரந்தத்தூள்களை வெளியேற்றுகின்றன. (படம் 181H). வெல்விட்ஸ்தியாவிலும் நீட்டத்திலும் ஆண் பூக்கள் போன்ற அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன. *வெல்விட்ஸ்கியா*விலும் *நீட்டத்தி*லும் ஆண் பூக்கள் போன்ற அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன (படம் 181 I,J).




படம் 181: நுண்வித்திலைகள். A,B. *சைகஸ்.* A. நுண்வித்திலையின் அடிப்புறத்தோற்றம். B. பக்கவாட்டுத்தோற்றம். C,D. *ஜிங்கோ.* E,F. *சீட்ரஸ்.* G. *டேக்சஸ்.* H. *எஃபீட்ரா.* மூன்று ஈரறைகள் கொண்ட நுண்வித்தகங்களைத் தாங்கி உள்ள வளமான பகுதிகள். I. *வெல்விட்ஸ்கியா.* ஆண் 'பூ'; பக்கவாட்டுப் பூ வடிச்செதில்களும், பூவிதழும்; நுண்வித்தகங்கள் அடியில் இணைந்துள்ளன. J. *நீட்டம்.* ஆண்பூவும், தாங்கியில் அமைந்துள்ளன நுண்வித்தகங்களும். பட உதவி: A,B. Pant; C,D. Gangulee and Kar; E,F. John; G. Oliver; H. Tiagi; I. Martens; J. Sanwal

**ஆ. நுண்வித்தகங்கள்:** (படம் 182) ஒரு முதிர்ந்த நுண்வித்தகம் புறத்தோல், பல அடுக்கு வித்தகச் சுவர், உள்ளடுக்காக அமைந்த டேப்பிடம் (tapetum), நுண்வித்துகளை / மகரந்தத்தூள்களைக் கொண்ட அறை / அறைகள் போன்றவற்றைக் கொண்டுள்ளது. புறத்தோல் செல்கள் நார்த்தடிப்புகளைப் (fibrous thickenings) பெற்று வித்தக வெடிப்புக் கோட்டுப்பகுதி தவிர ஏனைய இடங்களில், எக்சோதீசியமாக (exothecium) செயல்படுகிறது. *ஜிங்கோ*வில் மட்டும் புறத்தோல் அடுக்குக்கு உள்ளமைந்த அடுக்குகள் (மூன்று அடுக்குகள்) நார்த்தடிப்புகளைப் பெற்று எண்டோதிசியமாக செயல்படுகின்றன (படம் 182C) (ஒப்பிடுக: ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள்). ஆண்வித்தகம் முதிர்ச்சியடையும் போது சுவரின் நடு அடுக்குகள் தாவரங்களுக்கேற்ப வெவ்வேறு அளவுக்குச் சிதைந்து விடுகின்றன. இந்நிலையில் டேப்பிடம் வித்து உண்டாக்கும் செல்களை (sporogenous cells) சூழ்ந்து காணப்படுகிறது; இது ஓரடுக்கு செல்களால் (அரிதாக இரண்டு அடுக்கு) ஆனது. செல்கள் பொதுவாக பெரிதானவை, அதிக சைட்டோபிளாசம் கொண்டவை, பல உட்கருக்கள் பெற்றவை. டேப்பிடம் பொதுவாக சுரக்கும் வகையானது (glandular or secretony tapetum) (*ஆரக்கேரியா*வில் மட்டும் பெரிபிளாஸ்மோடிய டேப்பிடம் காணப்படுகிறது). இதன் செல்கள் நுண்வித்து தாய் செல்களில் குன்றல் பகுப்பு நடைபெறும்போது அதிக செயல்பாடுகளைக் காட்டுகின்றன. வித்துக்கள் நான்கமை வித்து நிலையிலிருந்து பிரியும் முன் டேப்பிட செல்கள் பொதுவாக அழிந்து விடுகின்றன. டேப்பிட்டத்தின் முக்கிய வேலைகள் பின்வருமாறு: (i) நுண்வித்துகள் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான ஊட்டப்பொருட்களை அளித்தல் (ii) நுண்வித்துகள் நுண்வித்து தாய் செல்களின் கேலோஸ் (callose) சுவரிலிருந்து விடுபடத் தேவையான *கேலேஸ்* (callase) நொதியை தகுந்த தருணத்தில் வெளியிடுதல் (iii) நுண்வித்து, மகரந்தத்தூள் ஆகியவற்றின் செல் சுவருக்குத் தேவையான ஸ்போரோபொல்லனின் (sporopollenin) பொருளை அளித்தல் (iv) ஒவ்வுந்தன்மை/ஒவ்வாத்தன்மைப் (compatible and incompatible) புரதங்களை (பொதுவாக உறையில் காணப்படும்) மகரந்தத் தூளுக்கு அளித்து அவை தகுந்த பெண் கேமீட்டை அடையாளங்கண்டு அதனோடு இணைய உதவுதல், (v) எக்சைன் செல்சுவர்ப் பொருளை மகரந்தத்தூளுக்கு அளித்தல்.

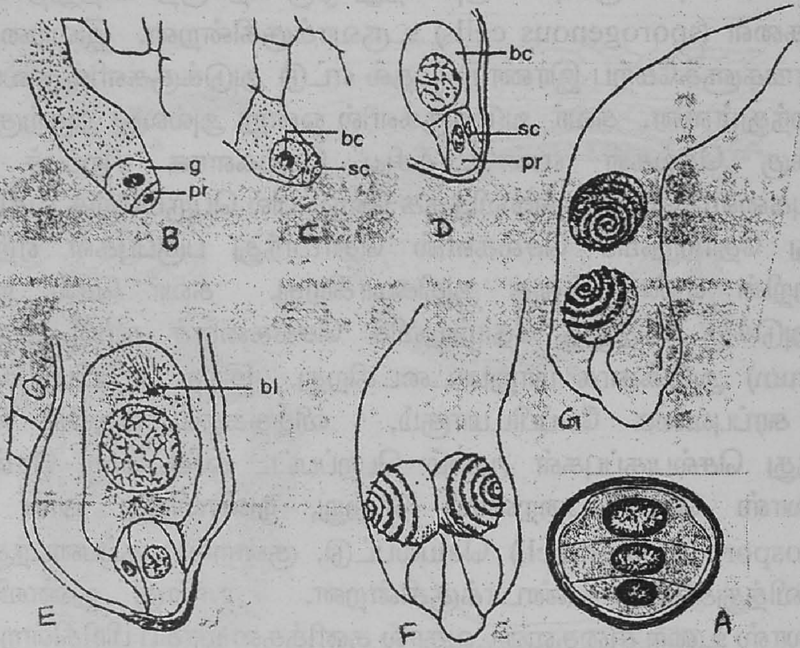



படம் 182: நுண்வித்தகங்கள். A,B. *சைகஸ்* A. நுண்வித்திலை நீள்வெட்டு; பல நுண்வித்தகங்கள் வித்தக இலையின் அடிப்பகுதியில் அமைந்துள்ளன. B. பெரிதாக்கப்பட்ட நுண்வித்தகம். C. *ஜிங்கோ.* நுண்வித்தகம் நீள்வெட்டு; பல அடுக்கு எண்டோதீசியம் காணப்படுகிறது. D. *சீட்ரஸ்.* பட உதவி: A,B Pant; C. Jeffrey and Torrey; D. Biswas and Johri

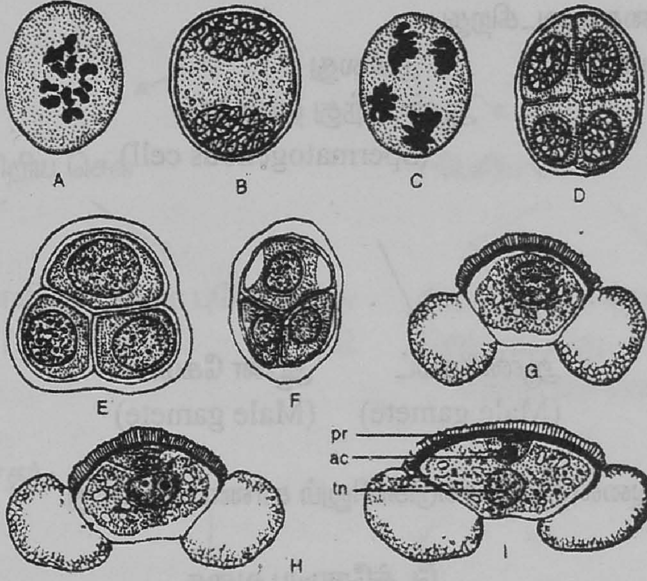
**(இ) நுண் கேமீட்டக வளர்ச்சி:** நுண்வித்தக இலையின் அடிப்பகுதியில் அதன் பின்பரப்பில் (abaxial surface) ஒரு சிறிய பிதுக்கம் போன்று நுண்வித்தகம் முதலில் தோன்றத் தொடங்குகிறது. இப்பிதுக்கம் மேலும் வளர்ச்சியடைவதால் வித்தகம் ஒரு உருண்டையான பைவடிவ அமைப்பாக மாறுகிறது. பின்பு நுண் வித்தக இலையின் காம்பிற்கு இணைப் போகில் நீட்சியடைகிறது. இந்த அமைப்பில் ஒன்று முதல் ஒரு சில (நான்கு அல்லது ஐந்து) **ஆர்கிஸ்போரிய செல்கள்** (archesporial cells) புறத்தோலடுத்த உள் அடுக்கில் தோன்றுகின்றன.

இந்தச் செல் (செல்கள்) புறப்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகவும், பின்பு இணையாகவும் பகுப்புகள் அடைந்து ஒரு தொகுதி வித்துத் தோற்றுவிச் செல்களை (sporogenous cells) உருவாக்குகின்றன. இவற்றைச் சுற்றித் தாவரங்களுக்கேற்ப இரண்டு முதல் எட்டு அடுக்குகளில் சுவர் செல்கள் அமைந்துள்ளன. சுவர் அடுக்குகளில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அடுக்கு செல்கள் எண்டோதீசிய செல்களாக சிறப்புச் செல்சுவர் தடிப்புகளைப் பெற்று நுண்வித்தக வெடிப்பில் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. வித்து தோற்றுவிச் செல்களில் தொடர்ந்து பகுப்புகள் ஏற்படுவதால் அவற்றின் எண்ணிக்கை அதிகமாகிறது. சுவர் செல் அடுக்களில் உள்அடுக்கு வித்துத் தோற்றுவிச் செல்களைச் சுற்றி ஒரு டேப்பிட (tapetum) அடுக்காக மாறுபாடடைகிறது. இந்த டேப்பிடம் பொதுவாக ஒரு சுரப்புவகை டேப்பிடமாகும், வித்தகத்தோற்றுவிச் செல்களில் இருந்து செல்பகுப்புகள் மூலம் பெறப்பட்ட ஒவ்வொரு செல்லும் ஒரு கேலோஸ் செல் உறையைப் பெற்று, **நுண்வித்து தாய் செல்லாக** (microspore mother cell) செயல்பட்டு, குன்றல் பகுப்படைந்து, நான்கு நுண்வித்துகளை உண்டாக்குகின்றன. நான்கு நுண்வித்துகளும் கேலோஸ் உறை சிதைவடைவதால் தனித்தனியாகப் பிரிகின்றன.

**(ஈ) ஆண் கேமீட்டகத் தாவர வளர்ச்சி:** நுண்வித்து ஆண் கேமீட்டகத் தாவரத்தின் தொடக்கச் செல்லாக செயல்படுகிறது. நான்கமைவித்து நிலையிலிருந்து தனித்துப் பிரிந்தவுடன் நுண்வித்தின் அளவு சற்று பெரிதாகிறது. இதன் ஒற்றைமடிய உட்கரு நுண்வித்தின் மையத்தில் அமைந்துள்ளது. பின்பு இதன் வளர்ச்சியின் மூலம் ஆண்கேமீட்டகத் தாவரம் உருவாகிறது. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் ஆண்கேமீட்டகத் தாவர வளர்ச்சியில் ஆறு அடிப்படை வகைகள் காணப்படுகின்றன. இவற்றை முறையே சைகடு வகை (படம் 183), டேக்சோடிய வகை (படம் 184), பைனஸ் வகை, ஜிங்கோ வகை, வெல்விட்ஸ்கியா வகை, நீட்டம் வகை என்று அழைக்கலாம். இவை முறையே பின்வரும் படமங்களில் காட்டப்பட்டுள்ளன.




படம் 183: சைகடு வகை ஆண்கேமீட்டக வளர்ச்சி. A. முதிர்ந்த மகரந்தத்தூள். அடியில் புரோதேலிய செல், நடுவில் தோற்றுசெல், மேலே பெரிய குழாய்செல் காணப்படுகின்றன. B. மகரந்தக்குழாயில் தோற்றுவிச் செல்லும் புரோதேலிய செல்லும். C. தோற்றுவி செல் பகுப்படைந்து காம்பு செல்லையும் உடல செல்லையும் உருவாக்குகிறது. D.E. பெரிதாகும் உடல செல் F. உடல செல் இரண்டு ஆண்கேமீட்களை உருவாக்குதல். G. ஆண் விந்துக்கள். (g. தோற்றுவி செல்; bc. உடலசெல்; sc. காம்புசெல்; bl. பிளிஃபரோபிளாஸ்ட்). பட உதவி: A. Chamberlain; B-E. De Silva and Tambiah; F,G. Miyake



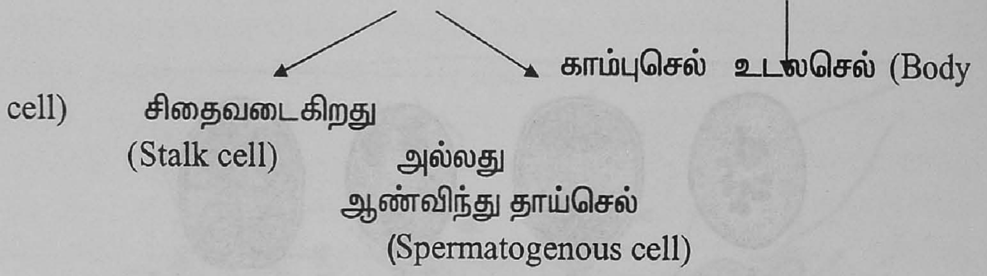

படம் 184: பைனஸ் வகை ஆண் கேமீட்டக வளர்ச்சி. (Pr. புரோதேலிய செல்; ac. ஆந்தரிடிய செல் ; tn. குழாய் உட்கரு). பட உதவி: Maheshwari and Konar.

**சைகடு வகை**

நுண்வித்து
(microspore)

சிறிய
புரோதாலிய செல்
(Prothallial cell)
↓
சிதைவுறுகிறது

பெரிய செல்
→ சிறிய
தோற்றுவிச் செல்
(Generative cell)
→ பெரிய குழாய்
செல்
(Tube cell)

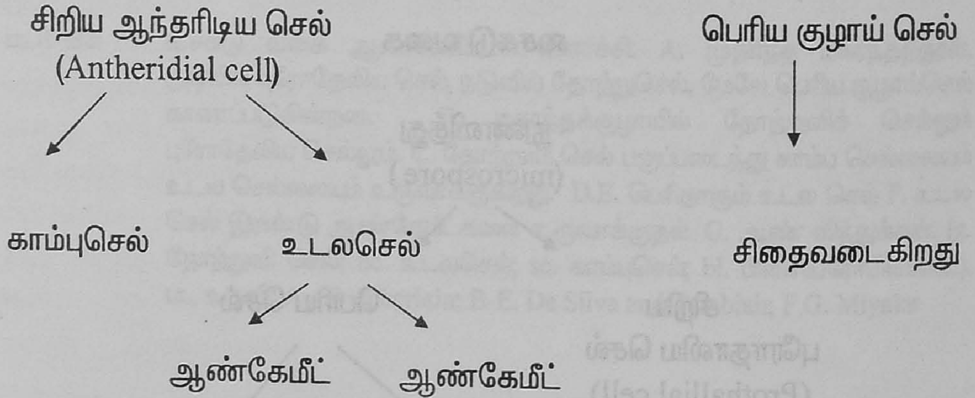



ஆண்கேமீட் ஆண் கேமீட்
(Male gamete) (Male gamete)

இவ்வகை அனைத்து சைகடுகளிலும் காணப்படுகிறது.

**டேக்சோடிய வகை**

நுண்வித்து




இவ்வகை டேக்சோடியேசி, குயூப்ரசேசி, டேக்சேசி போன்ற தொகுதிகளின் தாவரங்களில் காணப்படுகிறது.

ஜிங்கோ வகை

சிறிய செல் — பெரிய செல்

சிறிய செல் → சிறிய புரோதாலிய பெரிய செல் I (உறைக்கு அருகில் செல் அமைந்துள்ளது) → சிதைவடைகிறது

சிறிய செல் → சிறிய புரோதாலிய செல் II → காம்பு செல் 1

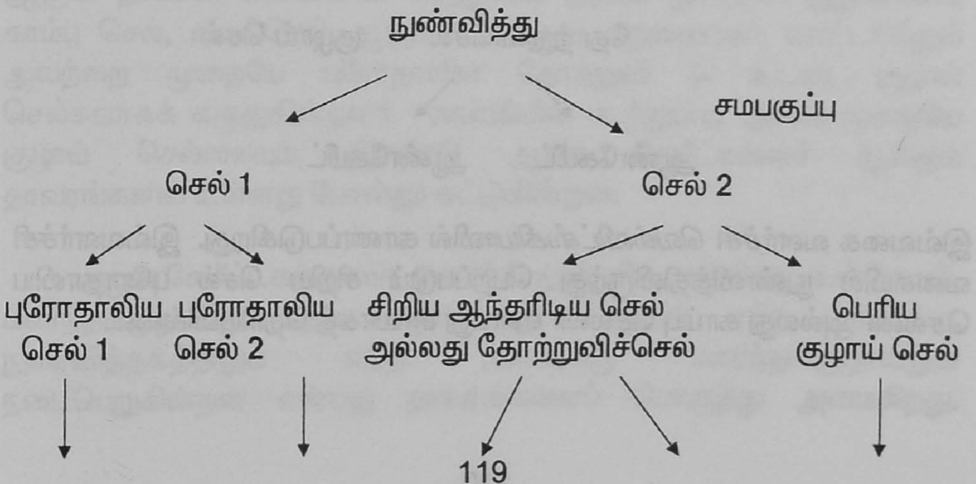
பெரிய செல் → சிறிய ஆந்தரிடிய செல் அல்லது தோற்றுவிசெல் → காம்பு செல் 2

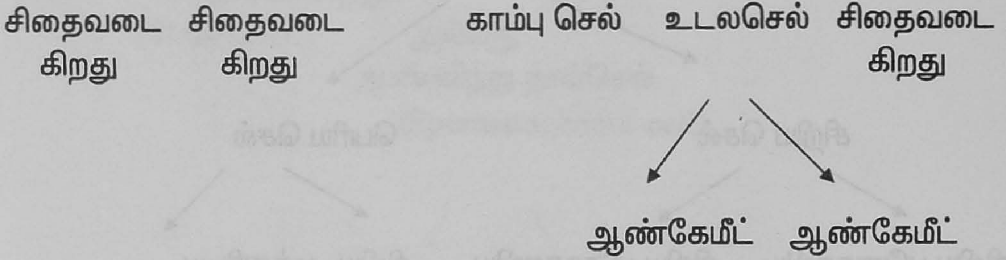
பெரிய செல் → சிறிய ஆந்தரிடிய செல் அல்லது தோற்றுவிசெல் → உடல் செல் → ஆண்கேமீட், ஆண்கேமீட்

பெரிய செல் → குழாய் → சிதைவடைகிறது

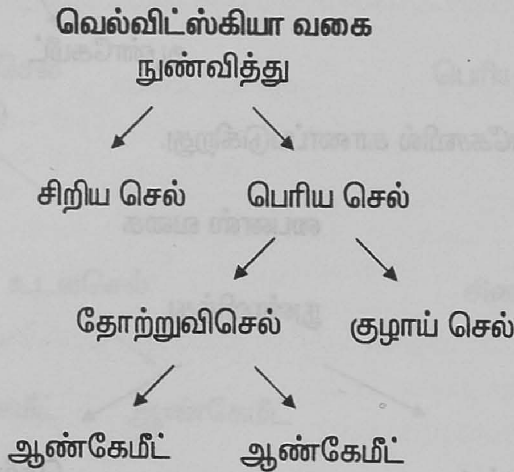
இவ்வகை *ஜிங்கோ*வில் காணப்படுகிறது.

பைனஸ் வகை



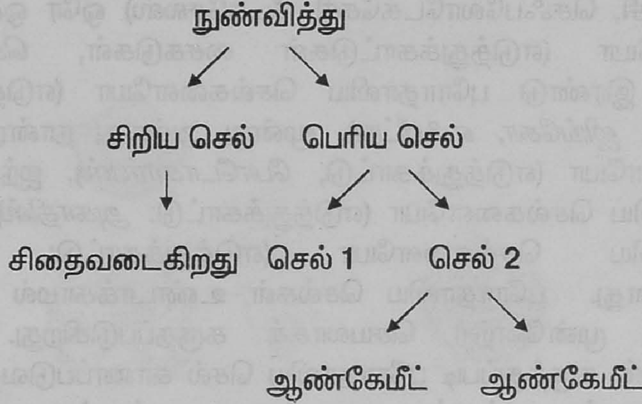



இவ்வகை வளர்ச்சி பைனேசி குடும்பத்தாவரங்களிலும், *எஃபீட்ரா*விலும் காணப்படுகின்றது. போடோகார்பேசி குடும்பத் தாவரங்களில் புரோதாலிய செல் மேலும் பகுப்படைந்து நான்கு செல்களை உண்டாக்குகின்றது. ஆரக்கேரியேசி குடும்பத் தாவரங்களில் இந்த செல்களில் மேலும் பகுப்புகள் அடைந்து ஒரு புரோதாலிய திசு (prothallial tissue) உண்டாகிறது. இத்திசுவில் 18 முதல் 20 செல்கள் வரை காணப்படலாம்.




இவ்வகை வளர்ச்சி *வெல்விட்ஸ்கியா*வில் காணப்படுகிறது. இவ்வளர்ச்சி வகையில் நுண்வித்திலிருந்து பெறப்படும் சிறிய செல் புரோதாலிய செல்லா அல்லது காம்பு செல்லா என்பது சரியாகத் தெரியவில்லை.

## நீட்டம் வகை




நீட்டம் வகையில் முதிர்ந்த மகரந்தத் தூளில் மூன்று செல்கள் காணப்படுகின்றன. நுண்வித்தின் முதல் பகுப்பில் உண்டாகும் வில்லை ஒத்த சிறிய செல் பின்பு உருண்டை வடிவாக மாறுகிறது. இது எந்தவித பகுப்பும் அடையாமல் பின்பு அழிந்து விடுகிறது. முதன் பகுப்பில் உண்டாகும் பெரிய செல் மீண்டும் பகுப்படைந்து இரண்டு செல்களை உருவாக்குகிறது. இதில் முதலாவது செல், மகரந்தக் குழாயில் முதலில் நுழைந்து விடுகிறது. இரண்டாவது செல்லும் மகரந்தக்குழாயில் நுழைந்து இரண்டாகப் பகுப்படைந்து இரண்டு ஆண் கேமீட்களை உண்டாக்குகிறது. பியர்சனின் கூற்றுப்படி மகரந்தத்தூளின் மூன்று செல்கள் முறையே புரோதாலிய செல், குழாய் செல், தோற்றுவிசெல் ஆகும். தாம்சன் என்பவரின் கூற்றுப்படி அவை முறையே குழாய்செல், காம்பு செல், உடல்செல் ஆகும். நேகியும் மதுலதாவும், வாட்டர்கீனும் அவற்றை முறையே புரோதாலிய தோற்றுவி (= உடல), குழாய் செல்களாகக் கருதுகின்றனர். சுவாமியின் கூற்றுப்படி அவை முறையே குழாய் செல்லையும், இரண்டு ஆண் கேமீட்களைச் (பூக்கும் தாவரங்களில் உள்ளது போன்று) சுட்டுகின்றன.

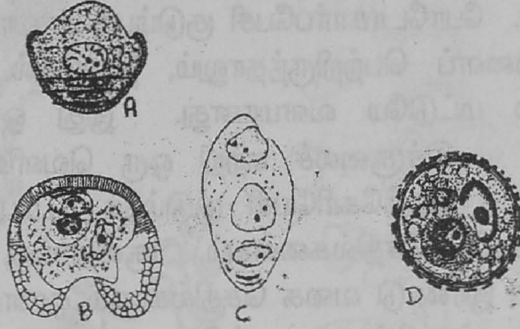
ஆண்கேமீட்டகத் தாவர வளர்ச்சி நுண்வித்தகத்திற்கு உள்ளேயும், மகரந்தக்குழாயிலும் நடைபெறுகின்றது. இதில் எந்த அளவுக்கு நுண்வித்தகத்திலும் எந்த அளவுக்கு மகரந்தக்குழாயிலும் நடைபெறுகின்றன என்பது தாவரங்களைப் பொருத்து அமைகிறது.

இதன் காரணமாக ஒரு முதிர்ந்த மகரந்தத் தூளின் அமைப்பு தாவரங்களுக்கேற்ப மாறுபடுகிறது. ஒரு முதிர்ந்த மகரந்ததூள் புரோதாலிய செல்களற்றோ (எடுத்துக்காட்டுகள் டேக்சோடியேசி, குயூப்ரசேசி, செஃபலோடேக்சேசி, டேக்சேல்ஸ்) ஒரே ஒரு புரோதாலிய செல்லையோ (எடுத்துக்காட்டுகள் சைகடுகள், *வெல்விட்ஸ்கியா*) அல்லது இரண்டு புரோதாலிய செல்களையோ (எடுத்துக்காட்டுகள் பைனேசி, *ஜிங்கோ, எஃபீட்ரா*), மூன்று அல்லது நான்கு புரோதாலிய செல்களையோ (எடுத்துக்காட்டு, *போடோகார்பஸ்*), ஐந்து முதல் ஏழு புரோதாலிய செல்களையோ (எடுத்துக்காட்டு: *அகாதிஸ்*), 18 முதல் 20 புரோதாலிய செல்களையோ (எடுத்துக்காட்டு: *ஆரக்கேரியா*) பெற்றுள்ளது. புரோதாலிய செல்கள் உண்டாக்காமல் இருப்பது ஒரு பரிணாம முன்னேற்ற செயலாகக் கருதப்படுகிறது. நீட்டத்தில் சுவாமியின் கருத்துப்படி புரோதாலிய செல் காணப்படுவதில்லை; இதன் மகரந்தத்தூள் பூக்கும் தாவரங்ளை ஒத்துள்ளது. பரிணாம அடிப்படையில் மிகுந்த முற்போக்கான ஜிம்னோஸ்பெர்ம் இதுதான் என்பதற்கு மகரந்தத்தூள்களின் அமைப்பும் ஒரு முக்கியச் சான்றாகும்.

பொதுவாக இரண்டு ஆண்கேமீட்கள் தான் ஜினோஸ்பெர்ம்களில் உருவாக்கப்படுகின்றன. அரிதாக *குயூப்ரசஸ்* சிற்றினங்களிலும், ஜூ*னிபெரஸ்* சிற்றினங்களிலும் இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட ஆண்கேமீட்கள் அரிதாக உண்டாக்கப்படுகின்றன. சைகடுகளிலும், ஜிங்கோவிலும் ஆண்கேமீட்கள் சிலியங்களைப் பெற்று டெரிடோஃபைட்களை ஒத்துள்ளன. இது பரிணாம அடிப்படையில் மிகவும் பின்தங்கிய பண்பாகும்.

முதிர்ந்த மகரந்தத்தூள் (படம் 185) நுண்வித்தகத்திலிருந்து வெளியேறும் நிலையில் ஒன்று (எடுத்துக்காட்டுகள் *சாமேசைபேரிஸ், கேலிட்ரிஸ், கிரிப்டோமீரியா, குயூப்ரசஸ், டேக்சஸ்*), இரண்டு (எடுத்துக்காட்டுகள் *செஃபலோடேக்சஸ், ஆத்ரோடேக்சிஸ், டொர்ரேயா, டேக்சோடியம்*), மூன்று (எடுத்துக்காட்டுகள், பெரும்பாலான சைகடுகள், *ஜிங்கோ, வெல்விட்ஸ்கியா,* நீட்டம்), நான்கு (எடுத்துக்காட்டு *பைனஸ்*), ஐந்து (எடுத்துக்காட்டுகள் *சீட்ரஸ், எஃபீட்ரா*), பல (எடுத்துக்காட்டுகள் *போடோகார்பஸ், அகாதிஸ் ஆரக்கேரியா*) செல்களைக் கொண்டவையாக இருக்கின்றன. பல சிற்றினங்களில் மகரந்தத்தூள்கள் இறகுகளைப் பெற்றுள்ளன. எடுத்துக்காட்டுகள்: பைனேசி (*லாரிக்ஸ்*

தவிர்த்து) *மைக்ரோகாக்ரிஸ், ஃபீரோஸ்ஃபீரா, போடோகார்பஸ்* போன்றவை. இறகுகளின் எண்ணிக்கை, உருவம், அமைப்பு போன்றவை சிற்றினங்களுக்கேற்ப மாறுபடுகின்றன.




படம் 185: முதிர்ந்த ஆண்வித்தகத் தாவரங்கள். A. *ஜிங்கோ*. B. *சீட்ரஸ்*. C. *எஃபீட்ரா*. D. *நீட்டம்* . பட உதவி: A. Chamberlain; B. Biswas and Johri; C. Singh; D. Sanwal

### 3. பெண் கூம்புகள்

*சைகசைத்* தவிர இன்று உயிர்வாழும் ஏனைய ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் அனைத்திலும் சூல்கள் கூம்புகள் அல்லது வித்திலைத் தொகுப்புகளில் தாங்கப்பட்டுள்ளன. பல டெரிடோஸ்பெர்ம்களிலும் பெண்கூம்புகள் காணப்படாமல், சூல்கள் நெகிழ்வாக கிளைகளில் அமைந்துள்ளன. (படம் 186 B-D) *சைகசில்* சூல்கள் நெகிழ்ந்த பெண் வித்திலைகளில் (படம் 186A) தாங்கப்படுகின்றன. ஒருசில சைகடுகளின் கூம்புகள் மிகப் பெரிதானவை. எடுத்துக்காட்டாக, *டையூன் ஸ்பைனுலோசம்* தாவரத்தின் பெண்கூம்பு ஏறத்தாழ 61 செ.மீ. நீளமும் 28 கிலோ கிராம் எடையும் கொண்டிருக்கின்றது. ஜிங்கோவின் பெண் கூம்பு மிகவும் குறைவுற்றதாகும் (*reduced*). இதில் ஒரு குட்டைத்தண்டில் தாங்கப்பட்ட கவட்டையுற்ற கூம்புக்காம்பின் ஒவ்வொரு கிளையின் நுனியிலும் இணையாக இரண்டு சூல்கள் தாங்கப்பட்டுள்ளன. (படம் 186E,F) பைனேசி குடும்பத் தாவரங்களின் பெண் கூம்பில் விதை–செதில் இலை

– கூட்டு அமைப்புகள் [சூலடிச் செதில் இலை (bract scale) – சூல்தாங்கு (ovuliferous) செதில் இலை தொகுப்பாக] கூம்பு மைய அச்சில் சுருளமைப்பில் அமைந்துள்ளன. (படம் 187) ஒவ்வொரு கூட்டு அமைப்பும் இரண்டு சூல்களை அடிப்பரப்பில் தாங்கியுள்ளன. டேக்சோடியேசி குடும்பத்தில் சுருளமைப்பில் அமைந்துள்ள வளமான செதில்கள் மூன்று அல்லது நான்கு மேல்பரப்பில் அமைந்துள்ள சூல்களைக் கொண்டுள்ளன. போடோகார்பபேசி குடும்பத் தாவரங்களில் கூம்பு பல சூலடிச் செதில்ளைப் பெற்றிருந்தாலும், இவற்றில் மேலே அமைந்த சூலடிச் செதில் மட்டுமே வளமானது. இது ஒரே ஒரு சூலைத் தாங்கியுள்ளது. இச்சூலைச் சுற்றி ஒரு வெளிஉறை (epimatium) காணப்படுகிறது. ஆரக்கேரியேசி குடும்பக் கூம்பு சுருள் ஒழுங்கில் அமைந்த சூலடிச் செதில்களையும், சூல்தாங்கு செதில்களையும் கொண்டுள்ளன; இரண்டு வகை செதில்களும் ஓரளவு இணைந்து ஒரு லிக்யூலை உண்டாக்குகின்றன. ஒவ்வொரு கூம்புச் செதிலும் ஒரு சூல் காணப்படுகிறது. செஃபலோடேக்சேசி குடும்பத் தாவரங்களில் கூம்புகள் சிறியவை, ஐந்து முதல் ஏழு இணை எதிரெதிராக ஈரடுக்கில் அமைந்த செதில் இலைகள் கொண்டவை. ஒவ்வொரு செதிலும் இரண்டு சூல்களைத் தம்முடைய கோணத்தில் தாங்கியுள்ளன. பொதுவாக, ஒவ்வொரு இணையிலும் ஒரே ஒரு சூல் மட்டும் முதிர்ச்சியடைகின்றது. டேக்சேல்ஸ் தாவரங்களில் குட்டையான இரண்டாம் நிலைத் தண்டுகளில் பெண் இனப்பெருக்க உறுப்பு ஒரே ஒரு நுனியமைச் சூலைக் கொண்டுள்ளது. (படம் 188A-C) *எஃபீட்ரா*வின் பெண் 'மஞ்சரி' ஒரு குட்டையான தண்டினாலானது; இந்த தண்டு இரண்டு முதல் நான்கு இணைச் செதில்களைக் கொண்டுள்ளன. இந்தத் தண்டின் நுனியில் ஒன்று முதல் மூன்று 'பெண்பூக்கள்' காணப்படுகின்றன. *வெல்விட்ஸ்கியா*வின் பெண் வித்திலைத் தொகுப்புறுப்பில் மிக அகலமான, முட்டை வடிவான, எதிரெதிர் ஈரடுக்கிலமைந்த, கூம்புச் செதில்கள் காணப்படுகின்றன. இந்தச் செதில்கள் பக்கவாட்டில் நீட்சியுற்ற இறகுகளைக் கொண்டவை; அடியில் மெல்லியதாகவும் நுனியில் தடிப்பானதாகவும் உள்ளன. (படம் 188D) தட்டையான சூல் மெல்லிய பகுதியால் உண்டாக்கப்பட்ட ஒரு பையில் அமைந்துள்ளது. *நீட்டத்*தின் 'பெண்பூக்கள்' தடிவுருவ அச்சுகளில் வட்டங்களில் அமைந்துள்ளன. ஒவ்வொரு 'பூ' வட்டமும் ஒரு சதைப்பற்றுள்ள வளையத்தில் (collar) தாங்கப்பட்டுள்ளன. (படம் 188E) பெரும்பாலான

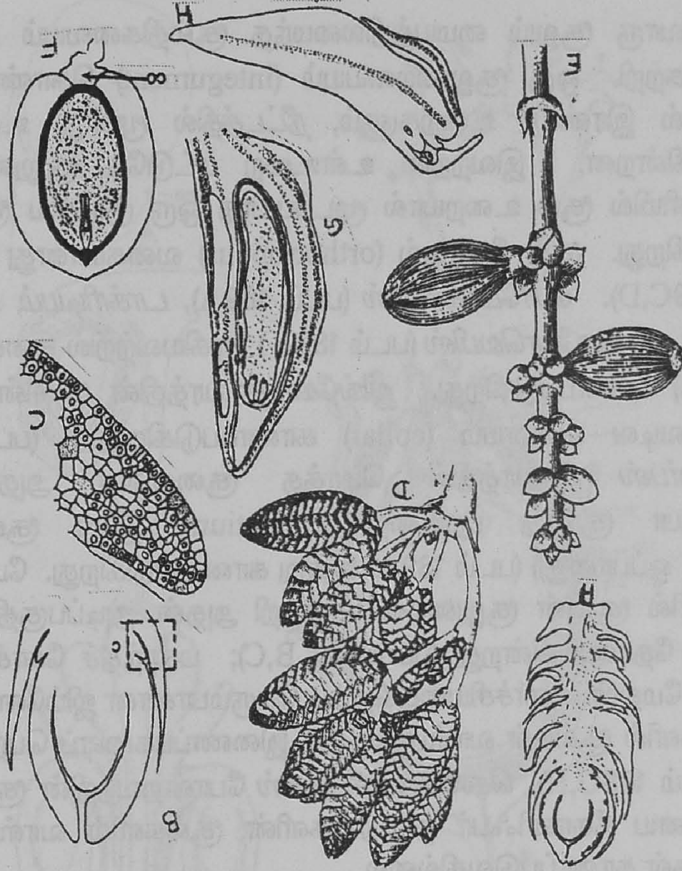
ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் பெண்கூம்புகள் ஆண் கூம்புகள் தோன்றிய ஒரு ஆண்டுக்கு பின்பாகத்தான் தோன்றுகின்றன.




படம் 186: பெண்கூம்புகள். A. *சைகஸ் ரிவல்யூட்டா.* B. *ஸ்ஃபீனாப்டெரிஸ்.* சூல்கள் கொண்ட கோப்பை அமைப்புகள். C. *கேய்டோனேந்தஸ்.* பெண் வித்திலையும், கோப்பை அமைப்புகளும். D. *பீயானியா.* நெகிழ்வான பெண் கூம்பு. E,F. *ஜிங்கோ.* குட்டைக்கிளையும் இளம் கூம்பும். பட உதவி: A. Maheshwari and Konar; B. Long; C. Thomas; D. Harris; E,F. Gangulee and Kar



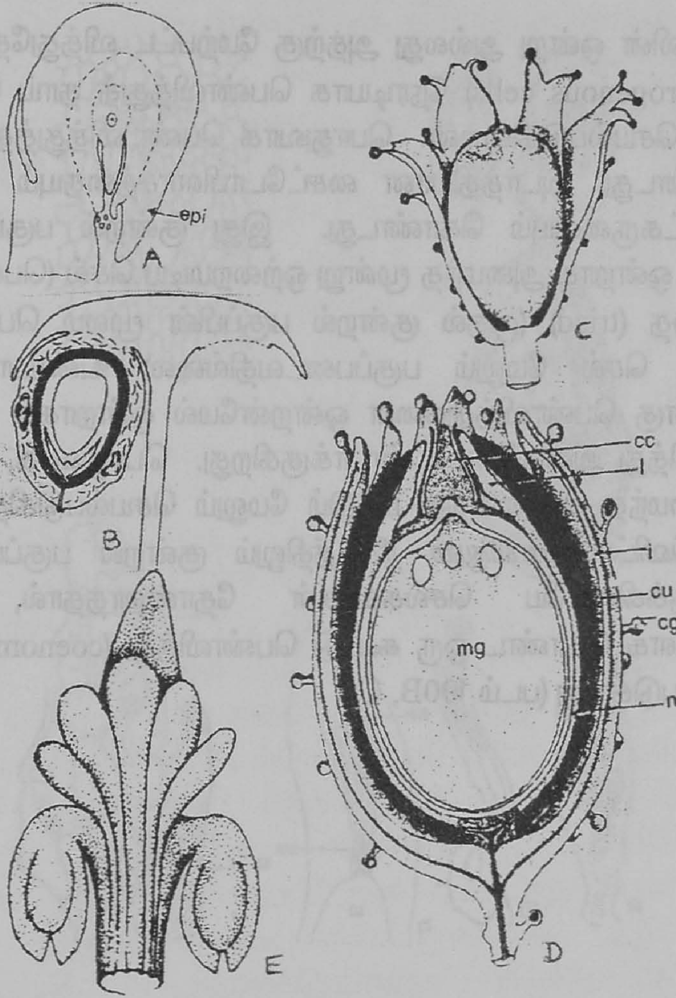

படம் 187: கோனிஃபர்களின் பெண் கூம்புகள். A. *பைனஸ் வல்லிச்சியானா.* முழுக்கூம்பு. B. *பை.ராக்ஸ்பர்ஜியானா* கூம்பின் நீள்வெட்டுத்தோற்றம். C,D பெண்வித்திலை, அது தாங்கியுள்ள சூல்கள் ஆகியவற்றின் மேல், பக்கவாட்டுத் தோற்றங்கள். பட உதவி: A-D. Maheshwari and Konar; E. Doyle and O'Leary



**படம் 188:** A-C. *டேக்சஸ்.* நுனியமைந்த நேர் சூல். B. சூலின் நீள்வெட்டு. C. B–இன் பகுதி பெரிதாக்கப்பட்டு ஏரில் காட்டப்பட்டுள்ளது. D. *வெல்விட்ஸ்கியா* பல சூல் கூம்புகள் கொண்ட காம்பு. E. *நீட்டம்.* பெண்கூம்பு. சூல்கள் வட்ட ஒழுங்கில் அமைந்துள்ளன. F. *ஜிங்கோ.* முதிரும் விதையின் நீள்வெட்டு. G,H. *சீட்ரஸ்.* சூலின் நீள்வெட்டும், குறுக்கு வெட்டும். சூலுறையின் வாஸ்குல இழை காட்டப்பட்டுள்ளது. Co. காலர் அல்லது கழுத்து வளையம்) பட உதவி: A. Bracegirdle and Miles; B,C. Loze; D. Chamberlain; E. Maheshwari and Vasil; F,G. Roy Chowdhury

அ. சூல் (படங்கள் 188, 189)

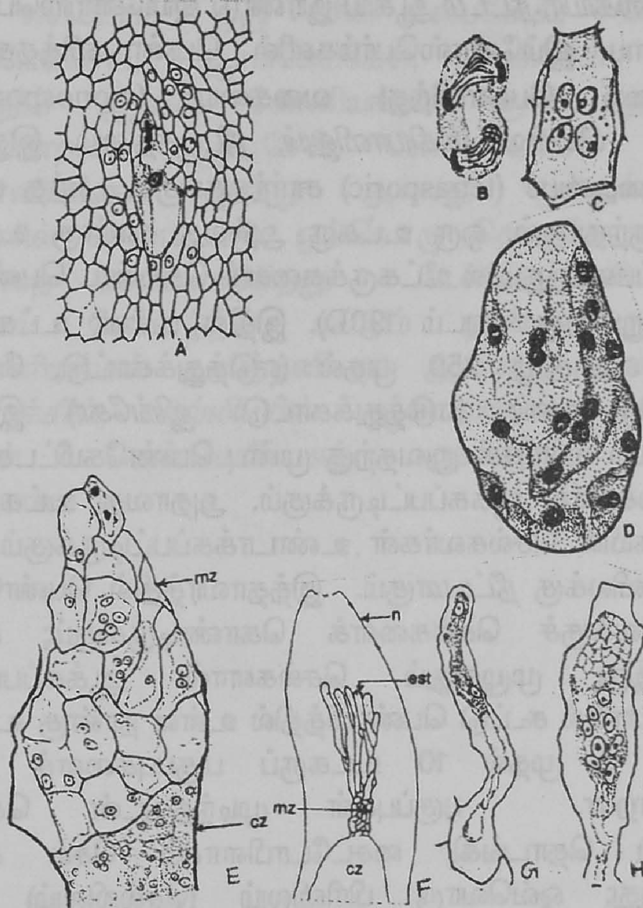
ஒவ்வொரு சூலும் மையத்திலமைந்த சூல்திசுவையும் (nucellus) அதனைச் சுற்றி ஒரு சூலுறையையும் (integument) கொண்டுள்ளன. *எஃபீட்ரா*வில் இரண்டு உறைகளும், *நீட்டத்*தில் மூன்று உறைகளும் காணப்படுகின்றன. இவற்றில் உள்உறை மட்டுமே சூலுறையாகும். சூலின் நுனியில் சூல் உறையால் மூடப்படாத ஒரு குறுகிய சூல்துளை காணப்படுகிறது. சூல் நேர்சூல் (orthotropous) வகையானது (படங்கள் 188A,F; 189C,D). *போடோகார்பஸ்* (படம் 189A), *டாக்ரிடியம், பீயானியா* (படம் 188B), *கிளைடோலெபிஸ்* (படம் 188E ) ஆகியவற்றில் தலைகீழ் சூல் (anatropous) காணப்படுகிறது. *ஜிங்கோ* தாவரத்தின் சூலின் அடியில் ஒரு வட்டவடிவ வளையம் (collar) காணப்படுகிறது. (படம் 188E) *போடோகார்பஸ்* தாவரத்தில் மொத்த சூலையோ அதன் ஒரு பகுதியையோ சூழ்ந்த புறஉறை (epimatium) (இது சூல்தாங்குச் செதிலுக்கு ஒப்பானது) (படம் 189A) ஒன்று காணப்படுகிறது. டேக்சேல்ஸ் தாவரங்களில் சூலின் சூலுறையைச் சுற்றி அதன் அடிப்பகுதியில் ஒரு ஏரில் (aril) தோன்றுகின்றது (படம் 188 B,C); மகரந்தச் சேர்க்கைக்குப் பின்பு இது மேலும் வளர்ச்சியடைகிறது. பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம் சிற்றினங்களில் சூல்கள் வாஸ்குலத்திசு இணைப்புகளைப் பெற்றுள்ளன. *சீட்ரஸ்* (படம் 188G,H), *செஃபலோடேக்சஸ்* போன்றவற்றின் சூல்களைத் தவிர ஏனைய கோனிஃபர் தாவரங்களின் சூல்களில் வாஸ்குலத்திசு இணைப்புகள் காணப்படுவதில்லை.




**படம் 189:** சூல். A. *போடோகார்பஸ்.* B. *பீயானியா.* பெண் வித்தக இலையும் ஒரு சூலும். C,D.*லாஜினோஸ்டோமா.* C. கோப்பையும் சூலும். D. சூலின் (கோப்பையையும் சேர்த்து) நீள்வெட்டுத் தோற்றம். E. *கிளைடோ லெபிஸ்* வளமான சூல் செதிலும், ஐந்து மலட்டு மடல்களும், இரண்டு தலைகீழ் சூல்களும். (epi. புறஉறை அல்லது எபிமேஷியம்; cc. மையதூண்; I. சூலுலை; Cu. கோப்பை; l.லாஜினோஸ்டோம்; ca. சுரப்பிகள்; n. சூல்திசு; mg. ஆர்க்கிகோனியத்துடன் பெண்கேமீட்டகத்தாவரம்). பட உதவி: A. Konar and Oberoi; B. Harris; C. Oliver and Scott; D. Long; E. Florin

## ஆ. பெண் வித்து வளர்ச்சி

ஒரு சூலின் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வித்துதோற்றுவிச் செல்கள் (sporogenous cells) நேரடியாக பெண்வித்துத் தாய் செல்லாக (செல்களாக) செயல்படுகின்றன. பொதுவாக பெண் வித்துத்தாய் செல் பெரியது, நீண்டது, அடர்த்தியான சைட்டோபிளாசத்தையும் சிறப்பாக அமைந்த உட்கருவையும் கொண்டது. இது குன்றல் பகுப்படைந்து ஒன்றின்மேல் ஒன்றாக அமைந்த மூன்று ஒற்றைமடிய செல் (பெண்வித்து) தொகையத்தை (triad) (முதல் குன்றல் பகுப்பின் மூலம் பெற்ற மேல் பக்கமமைந்த செல் மேலும் பகுப்படைவதில்லை) உண்டாக்குகிறது அல்லது நான்கு பெண்வித்துகளை ஒன்றன்மேல் ஒன்றாகக் கொண்ட நான்கமை வித்து அமைப்பை உண்டாக்குகிறது. பொதுவாக, இவற்றில் அடியில் அமைந்த பெண்வித்து மட்டும் மேலும் செயல்படுகிறது. (படம் 190A) *வெல்விட்ஸ்கியாவிலும், நீட்டத்*திலும் குன்றல் பகுப்பின்போது உட்கருக்களுக்கிடையே செல்சுவர்கள் தோன்றாததால், நான்கு உட்கருக்களைக் கொண்ட ஒரு கூட்டு பெண்வித்து (coenomegaspore) உண்டாக்கப்படுகிறது (படம் 190B, C).




படம் 190: பெண் வித்து தோன்றுதலும், பெண் கேமீட்டகத்தாவர வளர்ச்சியும். A. *போடோகார்பஸ்.* சூல்திசுவின் மையப் பகுதியின் நீள்வெட்டுத் தோற்றம்; செயல்படும் பெண்வித்தும், மூன்று அழியும் நிலையில் உள்ள பெண் வித்துக்களும். B,C. *வெல்விட்ஸ்கியா.* B. பெருவித்துத் தாய் செல், கடைநிலை செல்பகுப்பு நிலையில் C. நான்கு உட்கருக்கள் கொண்ட கூட்டு பெருவித்து. D. *போடோகார்பஸ்.* பல உட்கருக்கள் கொண்ட பெண் கேமீட்டகத்தாவரம். E. *வெல்விட்ஸ்கியா.* பெண் கேமீட்டகத்தாவரத்தின் மேல்பகுதியின் நீள்வெட்டுத் தோற்றம். சூல்துளை மேல் பகுதியின் நீள்வெட்டுத்தோற்றம். சூல்துளை பகுதி மண்டிலமும், சலாசா பகுதி மண்டிலமும் காட்டப்பட்டுள்ளன. பட உதவி: AD. Konar and Oberoi; B,C,E. Martens.

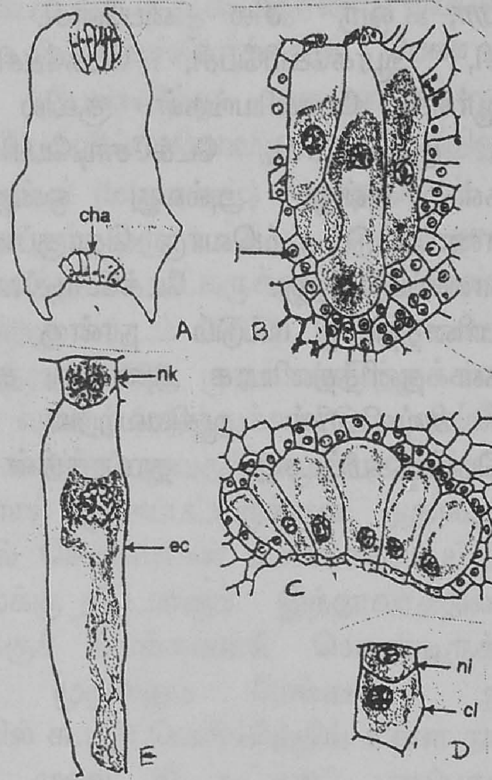
## இ. பெண் வித்தகத்தாவரம்

*வெல்விட்ஸ்கியா, நீட்டம்* ஆகிய இரண்டு ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களைத் தவிர்த்த ஏனைய ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் பெண் வித்தகத் தாவர வளர்ச்சி **ஒற்றை பெண்வித்து வகையை** (monosporic type) சார்ந்ததாகும். *வெல்விட்ஸ்கியாவிலும், நீட்டத்*திலும் இது **நான்கு பெண்வித்து வகையைச்** (tetrasporic) சார்ந்ததாகும். எந்த வகையைச் சார்ந்ததாக இருந்தாலும், ஒரு உட்கரு அல்லது நான்கு உட்கருக்கள் தொடர்ந்து பகுப்படைந்து பல உட்கருக்களைக் கொண்ட பெண்வித்தகத் தாவரம் தோன்றுகிறது (படம் 190D). இதில் உள்ள உட்கருக்களின் எண்ணிக்கை ஏறத்தாழ 250 முதல் (எடுத்துக்காட்டு, டேக்சடுகள்) ஏறத்தாழ 8000 வரை (எடுத்துக்காட்டு: *ஜிங்கோ*) இருக்கலாம். ஆர்க்கிகோனியம் வளர்ச்சியுறுவதற்கு முன்பு பெண்கேமீட்டகத் தாவரம் முழுவதும் செல்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். அதாவது, உட்கருக்களைப் பிரிக்கும் வகையில் செல்சுவர்கள் உண்டாக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்கு ஒரே ஒரு விதிவிலக்கு *நீட்டமா*கும். இத்தாவரத்தில் பெண்கேமீட்டகத் தாவரம் ஓரளவுக்குச் செல்களைக் கொண்டிருக்கும்; கருவுறுதல் சமயத்தில் இது முழுவதும் செல்களால் ஆக்கப்பட்டிருக்கும். *வெல்விட்ஸ்கியா*வில் கூட்டு பெண்வித்தில் உள்ள நான்கு உட்கருக்கள் ஒவ்வொன்றும் 8 முதல் 10 உட்கருப் பகுப்புகளைத் தொடர்ந்து மேற்கொள்கின்றன. பகுப்புகள் முடிந்தவுடன் செல்களாதல் (cellularization) தொடங்கி, சைட்டோபிளாசம் செல் சுவர்களால் பிரிக்கப்படுகிறது; ஒவ்வொரு பிரிவிலும் (செல்லிலும்) ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட உட்கருக்கள் காணப்படுகின்றன. இத்தாவரத்தின் பெண்கேமீட்டகத்தில் இரண்டு பகுதிகள் தோன்றுகின்றன: (i) ஒரு சிறிய, வளமான, சூல்துளைப்பகுதி (ii) ஒரு பெரிய, வளமற்ற சலாசா பகுதி (படம் 190E,H).

## ஈ. ஆர்க்கிகோனியங்கள்

*வெல்விட்ஸ்கியா, நீட்டம்* தவிர்த்த ஏனைய ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் அனைத்திலும் பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தில் ஆர்க்கிகோனியங்கள் வளர்ச்சியடைகின்றன. இவை பொதுவாக பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தின் சூல்துளைப் பகுதியில் வளர்ச்சியறுகின்றன.

பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தின் பக்கவாட்டிலும், சலாசா முனையிலும் ஆர்க்கிகோனியங்கள் அமைவது அரிதாகும். (படம் 191A-C) சைகடுகள், *ஜிங்கோ, எஃபீட்ரா,* ஒரு சில பைனேசி, போடோகார்பேசி, செஃபலோடேக்சேசி, ஆரக்கேரியேசி, டேக்சேசி உறுப்பினர்கள் போன்றவற்றில் ஆர்க்கி கோனியங்கள் சூலில் தனித்தனியாகக் காணப்படுகின்றன: குயூப்ரசேசி, டேக்சோடியேசி போன்றவற்றில் ஆர்க்கிகோனியங்கள் ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட தொகுப்புகளில் காணப்பட்டு, ஒவ்வொரு தொகுப்பையும் சுற்றி ஒரு பொது உறை காணப்படுகிறது. டேக்சோடியேசி குடும்பத்தின் *சியடோபிடிஸ்* பேரினத்தில் மட்டும் நான்கு அல்லது ஐந்து ஆர்க்கிகோனியங்கள் தனித்தனியாக அமைந்து காணப்படுகின்றன. *ஆர்த்ரோடேக்சிஸ், கல்லிட்ரிஸ்* ஆகியவற்றில் ஆர்க்கிகோனியத் தொகுப்புகள் பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தின் பக்கவாட்டில் அமைந்துள்ளன.




**படம் 191:** ஆர்க்கிகோனியங்களும், அவற்றிற்கு இணையான அமைப்புகளும். A-E. *கிரிப்டோமீரியா.* A. சூல்துளை, சலாசா பகுதிகளில் அமைந்துள்ள ஆர்க்கிகோனியங்க்ள். B. சூல் துளைப்பகுதி ஆர்க்கிகோனியங்கள். C. சலாசா பகுதி ஆர்க்கிகோனியங்கள் D,E. ஆர்க்கிகோனிய வளர்ச்சி. (Ni.கழுத்துத்தோற்றுவி ; ci. மைய செல்; nk. கழுத்து; ec. முட்டை செல்). பட உதவி: A-E. Singh; F-H. Martens and Waterkeyn.

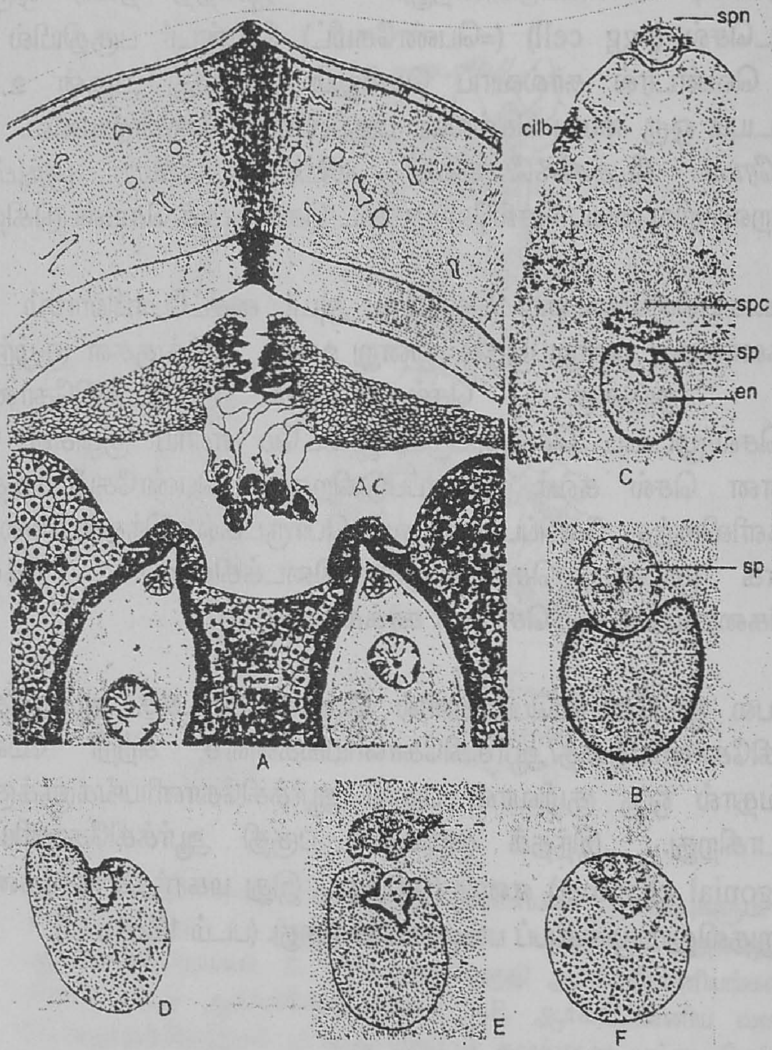
ஆர்க்கிகோனியத் தோற்றுவி ஒன்றிலிருந்து ஆர்க்கிகோனியம் ஒவ்வொன்றும் வளர்ச்சியடைகின்றது. (படம் 191D,E )

ஒவ்வொரு முதிர்ந்த ஆர்க்கிகோனியமும் ஒரு குட்டையான கழுத்துப் பகுதியையும் ஒரு பெரிய வென்டர் பகுதியையும் கொண்டது. வென்டர் பகுதியில் ஒரு எளிதில் அழிந்துவிடும் வென்ட்ரல் கால்வாய் செல்லோ (எடுத்துக்காட்டு, பைனேசி) அல்லது அதன் உட்கரு மட்டுமோ

(எடுத்துக்காட்டுகள், *செஃபலோடேக்சஸ், எஃபீட்ரா, டேக்சோடியேசி, குயூப்ரசேசி*) காணப்படுகின்றது. இதைத் தவிர ஒரு பெரிய முட்டைசெல் (egg cell) (=பெண்கேமீட்) வென்டர் பகுதியில் உள்ளது. இந்த வென்ட்ரல் கால்வாய் செல்லும் (அல்லது அதன் உட்கருவும்) முட்டையும் ஒரு மைய செல்லின் பகுப்பினால் தோன்றியவை. *டேக்சஸ், டொர்ரேயா டேக்சிஃபோலியா, விட்ரிங்டோனியா குயூப்ரசாய்டஸ்* போன்றவற்றில் மைய செல்லே முட்டை செல்லாகச் செயல்படுகிறது.

மையசெல்/முட்டை செல்லை அடர் சைட்டோபிளாசம் கொண்ட செல்களாலான ஒன்று முதல் மூன்று உறை அடுக்குகள் சூழ்ந்துள்ளன. உறை அடுக்கு செல்களுக்கும் ஆர்க்கிகோனியத்தின் மையசெல்/முட்டை செல்லுக்கும் இடையே எளிய குழிகள் கொண்ட தடிப்பான செல் சுவர் காணப்படுகிறது. பெண்கேமீட்டகத் தாவர செல்களிலிருந்து சேமிப்பு உணவுப் பொருட்கள் இந்தச் செல் சுவரின் வழியாக முட்டை செல்லுக்குக் கிடைக்கின்றன. தேவையான நொதிகளையும் உறை செல்கள் சுரக்கின்றன.

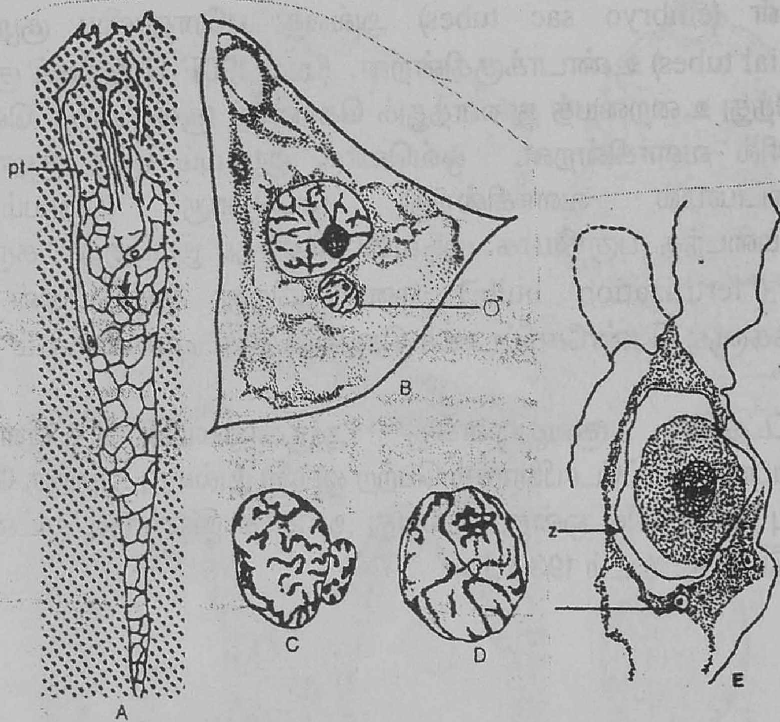
பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தின் திசு ஆர்க்கிகோனியத்தை/ஆர்க்கிகோனியங்களைச் சுற்றி மேல்நோக்கி வளர்வதால் ஒரு குழிவான பகுதி ஆர்க்கிகோனியங்களுக்கு மேலே உண்டாகிறது. இந்தக் குழிவான பகுதி ஆர்க்கிகோனிய அறை (archegonial chamber) எனப்படுகிறது. இது மகரந்தச் சேர்க்கையிலும், கருவுறுதலிலும் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. (படம் 192A).




படம் 192: *சைகஸ்.* கருவுறுதல். A. சூலின் மேற்பகுதியின் நீள்வெட்டு. மகரந்தக்குழாய்கள் விந்துக்களுடன் ஆர்க்கிகோனிய அறையில் (Ac) நுழைகின்றன. B-F. கருவுறுதலின் படிநிலைகள். (spn. கூடுதல் விந்து; cibl. கசையிழைப்பட்டை; spc. விந்து சைட்டோபிளாசம்; sp. விந்து; en. முட்டை உட்கரு). பட உதவி: A. Pant; B-F. Ikeno

*வெல்விட்ஸ்கியா*வில் அதிக சைட்டோபிளாசம் பெற்ற, சூல்துளை அருகே அமைந்த பெண்கேமீட்டகத் தாவர செல்கள் திரளான கருப்பைக் குழாய்கள் (embryo sac tubes) அல்லது புரோதாலிய குழாய்களை (prothallial tubes) உண்டாக்குகின்றன. (படம் 190F-H) இந்தக் குழாய்கள் பெண்வித்து உறையைத் துளைத்துக் கொண்டு சூல்திசுவில் வெவ்வேறு திசைகளில் வளர்கின்றன. ஒவ்வொரு குழாயும் மற்ற குழாய்களால் பாதிப்படையாமல் வளர்கின்றது; ஒவ்வொரு குழாயும் ஒரு பெருக்கமடைந்த பகுதியாக முடிவடைகின்றது; இப்பகுதி "கருவுறுதல் குமிழ்" ("fertilization bulb") எனப்படுகிறது; இக்குமிழின் எல்லா உட்கருக்களும் பெண்கேமீட்டாகச் செயல்படக் கூடியவை. (படம் 190H)

*நீட்டத்*தில், சூல்துளைக்கு அருகாமையில் உள்ள மிக அடர்த்தியான சைட்டோபிளாசம் பெற்ற ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட தொகுப்பு செல்களில் ஒன்று (அல்லது அரிதாக இரண்டு) 'முட்டை'யாக செயல்படுகிறது. (படம் 193A,B)




படம் 193: A-D. *நீட்டம் உலா.* கருவுறுதல். A. சூல்திசு மேல்பகுதியின் நீள்வெட்டு. செல்களாலான பெண் கேமீட்டகத்தாவரமும், மகரந்தக்குழாய்களும் (pt).B. முட்டை செல் ( ) –ஆண்கேமீட் உட்கரு). விந்து உட்கரு முட்டை உட்கருவோடு தொடர்பு கொண்டுள்ளது. C,D. உட்கரு இணைவும் சைகோட் உண்டாதலும். E. *வெல்விட்ஸ்கியா.* சைகோட் (z), ஒத்தவித்துத்தன்மை கொண்ட ஃபிலிகேல்ஸ் தாவரங்களில் பட உதவி: A-D. Swamy; E. Martens and Waterkeyn

## 4. மகரந்தச்சேர்க்கை

பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் காற்று மகரந்தச் சேர்க்கையைக் காட்டுகின்றன. *எஃபீட்ரா ஏஃபில்லா, நீட்டம்* சிற்றினங்கள், *வெல்ட்ஸ்கியா* போன்றவற்றில் பலனளிக்கக்கூடிய பூச்சி மகரந்தச் சேர்க்கை மூலம் கருவுறுதல் நடைபெறுகிறது.

இதுவரை ஆய்வு செய்யப்பட்ட ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் மகரந்தச்சேர்க்கை நடைபெறும் தருணத்தில், ஒரு சர்க்கரைக் கசிவு (= **மகரந்தச்சேர்க்கைச் சொட்டு,** Pollination drop) சூல்துளைப் பகுதியில் சுரக்கப்படுகிறது. இதற்கான விதிவிலக்குகள்: *ஏபிஸ், சீட்ரஸ், லேரிக்ஸ், சூடோசூகா, சூகா* போன்றவை; இவற்றில் 'சூலக முடியொத்த' சூல்துளை காணப்படுகிறது. *ஆரக்கேரியா, அகாதிஸ், சூகா டூமோசா* போன்றவற்றில் மகரந்தத்தூள்கள் சூல்துளையில் வந்து இறங்குவதில்லை.

மகரந்தச்சேர்க்கைச் சொட்டு காற்றுவழி பெறப்பட்ட மகரந்தத்தூள்களை ஏற்கும் அமைப்பாகச் செயல்படுவதைத் தவிர, பெறப்பட்ட தூள்களைச் சூல்திசுவிற்குக் கடத்துவதற்கும் உதவுகிறது; சூல்திசுவில்தான் மகரந்தத்தூள்கள் முளைக்கின்றன. இந்தச் சொட்டு சுரப்பு நிகழ்வு ஒரு சுழல் நிகழ்வு (24 மணிநேர சுழற்சியில்) ஆகும். இச்சுரப்பு இரவிலோ, முன் காலையிலோ நடைபெற்று, பகல்பொழுதில் உலர்ந்து விடுகிறது அல்லது மீண்டும் உள்ளிழுக்கப்பட்டு விடுகிறது; மீண்டும் இது அடுத்த இரவு அல்லது முன்காலையில் சுரக்கப்படுகிறது. இந்தச் சுழற்சி ஒரு சில நாட்கள் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது அல்லது சூல் மகரந்தச்சேர்க்கையுறும் வரையில் நடைபெறுகிறது. வேதிய ஆய்வின் மூலம் *பைனஸ் நைக்ரா*வின் இந்தச் சொட்டில் மூன்று முக்கியச் சர்க்கரைகள் இருப்பது தெரியவந்துள்ளது: D–குளுக்கோஸ், D–ஃபிரடோஸ், சுக்ரோஸ். இவற்றைத் தவிர பல அமினோ அமிலங்கள், பெப்டைடுகள், மேலிக் அமிலம், சிட்ரிக் அமிலம், கனிம ஃபாஸ்பேட்கள், சர்க்கரைகள் போன்றவை *எஃபீட்ரா, டேக்சஸ்* ஆகிய தாவரங்களின் மகரந்தச்சேர்க்கைச் சொட்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. *எஃபீட்ரா*வின் சொட்டில் சுக்ரோசின் செறிவு மிகவும் அதிகமாக உள்ளது.

வெவ்வேறு ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் வெவ்வேறு காலக்கட்டங்களில் சூல் மகரந்தத்தூள்களைப் பெறுகிறது: வித்துதோற்றுவி செல்கள் நிலை அல்லது ஆண்வித்து தாய் செல்நிலை (எடுத்துக்காட்டுகள், *ஜிங்கோ*, கோனிஃபர்கள், டேக்சடுகள்), உட்கருக்கள் நிலையைக் காட்டும் பெண்கேமீட்டகத் தாவரம் (எடுத்துக்காட்டுகள், பல சைகடுகள், *நீட்டம்*), இளம் ஆர்க்கிகோனிய நிலை (எடுத்துக்காட்டு, *மேக்ரோஜாமியா*), அல்லது முதிர்ந்த ஆர்க்கிகோனிய நிலை (எடுத்துக்காட்டு, *எஃபீட்ரா*).

### அ. மகரந்தத்தூள் முளைத்தல்

மகரந்தச்சேர்க்கை சொட்டில் முதலில் மகரந்தத்தூள்கள் பிடிக்கப்படுகின்றன. சூல்துளைக்குள்ளே மகரந்தத்தூள்கள் இந்தச் சொட்டோடு சேர்ந்து மிக வீரியாக உள்ளிழுக்கப்படுகின்றனவா அல்லது வீரிய உறிஞ்சல் மூலம் செல்கின்றனவா என்பது பற்றி கருத்து வேறுபாடுகள் உள்ளன. இறுதியில் மகரந்தத்தூள் சூல்திசுவின் மேல் இறங்கி அங்கு முளைக்கத் தொடங்குகிறது.

முளைத்த மகரந்தக்குழாய் பெண் கேமீட்டகத் தாவரம் நோக்கி ஈர்க்கப்பட்டு வளர்கிறது. குழாய் பொதுவாகக் குட்டையானது, கிளைகள் அற்றது. குழாய் தன்னுடைய வளர் நுனிப்பகுதியில் உடலசெல் அல்லது ஆண்கேமீட்களைக் கொண்டுள்ளது. முடிவில் மகரந்தக்குழாய் ஆர்க்கிகோனிய வாயை அடைந்து, அதன் கழுத்துக் கால்வாய் செல்களைக் கிழித்துக் கொண்டு, தன்னுடைய உள்ளடக்கப் பொருட்களை முட்டைசெல் சைட்டோபிளாசத்தில் வெளிவிடுகிறது.

சைகடுகளிலும், *ஜிங்கோ*விலும் மகரந்தக்குழாய் மகரந்தத்தூளின் பின் அல்லது மேல் (upper end) பக்கத்திலிருந்து தோன்றுகிறது. இந்தக் குழாய் கிளைத்தல் அடையலாம் (*சைகஸ், ஜிங்கோ*) (படம் 190A) அல்லது கிளைக்காமல் இருக்கலாம் (*ஜாமியா*). இந்தக் குழாய்/குழாய்கள் எந்த உட்கருவையும் கொண்டிராமல் சூல் திசுவிலிருந்து உணவுப் பொருட்களை உறிஞ்சுவதற்கு உதவுகின்றன. ஆனால் தூளின் முன் (அதாவது அடிப்பக்கத்திலிருந்து) பக்கத்திலிருந்து தோன்றும் மகரந்தக் குழாய் ஏறத்தாழ 1,5–2 மி.மீ. அகலமும் 3–5 மி.மீ. நீளமும் கொண்டது. இதில் ஆண்கேமீட்கள் உருவாக்கப்பட்டு அவை ஆர்க்கிகோனிய முட்டை அறையில் வெளியேற்றப்படுகின்றன.

### 5. கருவுறுதல்

ஆண்கேமீட்களின் வெளியேற்றம் வெவ்வேறு ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் வேறுபடுகிறது. சைகடுகளிலும், *ஜிங்கோ*விலும் கசையிழைகள் கொண்ட ஆண்கேமீட்கள் ஒருவகைச் சுரப்பு நீர்மத்தைக் கொண்ட ஆர்க்கிகோனிய அறையில் (படம் 192A) வெளியேற்றப்

படுகின்றன. தனித்தனி ஆர்க்கிகோனியங்களைப் பெற்ற ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களான *பைனஸ், சீட்ரஸ், போடோகார்பஸ், செஃபலோடேக்சஸ், டேக்சஸ், எஃபீட்ரா* போன்றவற்றில், ஆர்க்கிகோனியத்தின் கழுத்து செல்கள் (neck cells) சிதைவடைவதால், மகரந்தக்குழாய் நேரடியாக முட்டைசெல்லைத் துளைத்து அதனுள் ஆண்கேமீட்களை வெளியேற்றுகிறது. சூல்துளை அருகிலோ அல்லது பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தின் பக்கவாட்டிலோ ஆர்க்கிகோனியத் தொகுப்பைக் கொண்ட தாவரங்களில் (*ஆர்த்தோடேக்சிட்ஸ், கேல்லிட்ரிஸ்*), மகரந்தக்குழாய்கள் பல ஆர்க்கிகோனியங்களின் கழுத்துப் பகுதிகளோடு ஒட்டி வளர்ந்து காணப்படுகின்றன. இந்தக் கழுத்துச் செல்கள் சிதைவடையும் போது மகரந்தக்குழாயினுள் உள்ள ஆண்கேமீட்கள் முட்டை செல்களுக்குள் தம்முடைய உட்கருக்களை வெளியேற்றுகின்றன. ஒரே மகரந்தக்குழாயின் இரண்டு ஆண்கேமீட்களும் ஒரே ஆர்க்கிகோனியத்தில் நுழையலாம் அல்லது இரண்டு வெவ்வேறு ஆர்க்கிகோனியங்களுக்குள் நுழையலாம். ஆண்கேமீட் உட்கரு முட்டையின் உட்கருவுடன் நெருங்கிய தொடர்பை ஏற்படுத்திக் கொண்டு பின்பு அதனோடு இணைகின்றது. (படங்கள் 191B-F; 192B-D) செயலற்ற இன்னொரு ஆண்கேமீட் முட்டையின் சைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு சிறிது காலம் நிலைத்துக் காணப்படலாம். ஆண்கேமீட்டின் உட்கரு பிளாசமும் முட்டையின் உட்கரு பிளாசமும் இரண்டையும் சுற்றியுள்ள முட்டையின் சைட்டோபிளாசமும் மட்டுமே கருமுட்டையின் சைட்டோபிளாசமாக மாறுகின்றன; முட்டையின் மீதமுள்ள சைட்டோபிளாசம் அழிந்துவிடுகிறது.

பொதுவாக, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் ஒரே ஒரு கருவுறுதல் (single fertilization) தான் நடைபெறுகிறது. ஆனால் *எஃபீட்ரா* சிற்றினங்களில் இரட்டைக் கருவுறுதல் (double fertilization) நடைபெறுவது எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆர்க்கிகோனியத்தின் கழுத்து செல்களுக்கு இடையே மகரந்தக்குழாய்கள் வளருகின்றன. பின்பு அவற்றின் முனை சிதைந்து இரண்டு ஆண் கேமீட்களும் ஆர்க்கிகோனியத்தில் வெளியேற்றப்படுகின்றன. இவற்றில் ஒன்று முட்டையுடன் இணைகின்றது. இன்னொரு ஆண்கேமீட் சிறிது நேரம் கழித்து வென்ட்ரல் கால்வாய் உட்கருவுடன் (இது முட்டை உட்கருவின்

'சகோதரி' உட்கருவாகும்) இணைகின்றது. இவ்வாறு இரட்டைக் கருவுறுதல் *எஃபீட்ரா*வில் காணப்படுகிறது.

*நீட்டம் நீமானில்* மகரந்தக்குழாய் வெளியேற்றும் இரண்டு ஆண்கேமீட்களும் ஒரே உறையால் ஓரளவுக்குச் சூழப்பட்ட, அருகருகே அமைந்த, வேறுபாடு கொண்டிராத, பெண் உட்கருக்களுடன் இணைந்து இரண்டு சைகோட்களை உருவாக்குகின்றன. இந்நிகழ்வும் இரட்டைக் கருவுறுதலின் முன்னோடியாகக் கருதப்படுகின்றது. இந்தக் கண்டுபிடிப்புகளின் மூலம், இரட்டைக் கருவுறுதலும் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் நிலைமையும் (angiospermy) பூக்கும் தாவரங்களும் தோன்றுவதற்கு முன்பே தோன்றிவிட்டது எனக் கருதப்படுகிறது. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரங்களில் இரட்டைக் கருவுறுதல் நிகழ்வால் ஒரு இரட்டைமடிய சைகோட்டும் ஒரு மும்மடிய எண்டோஸ்பெர்மும் (endosperm) உருவாகின்றன. மகரந்தக்குழாய் தாங்கி வரும் இரண்டு ஆண்கேமீட்களில் ஒன்று முட்டையுடனும், மற்றொன்று இரண்டு முனைவு உட்கருக்கள் அல்லது அவற்றின் இணைவு உட்கருவுடனும் இணைகின்றன. இதன் மூலம் உண்டாகும் சைகோட்(2n) கருவையும், முதல்நிலை எண்டோஸ்பெர்ம் உட்கரு (3n) எண்டோஸ்பெர்ம் திசுவையும் உருவாக்குகின்றன. எனவே, எஃபீட்ராவில் காணப்படும் "இரட்டைக் கருவுறுதலையும்" ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் காணப்படும் இரட்டைக் கருவுறுதலையும் ஒரே வகை நிகழ்வாகக் கருதக் கூடாது என்றும் இரண்டு வெவ்வேறானவை என்றும் பல தாவரவியல் அறிஞர்கள் கருத்து தெரிவித்துள்ளனர்.

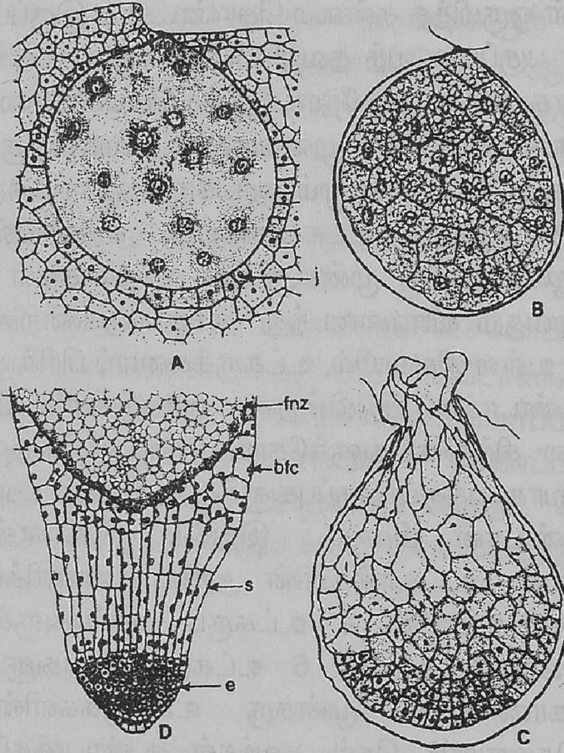
**6. கரு தோற்ற வளர்ச்சி**

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் கரு வளர்ச்சியில் செல் சுவர் தொடரா உட்கருப்பகுப்பு நிலை (free-nuclear phase) காணப்படுகிறது. சைகோட் உட்கரு பகுப்படையும் போது மகள் உட்கருக்களுக்கிடையே செல்சுவர் உண்டாவதில்லை. இது ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் கரு வளர்ச்சியிலிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்ட நிகழ்வாகும். கரு வளர்ச்சியில் மூன்று தனிப்பட்ட நிலைகள் உள்ளன. முன் கருதோற்ற வளர்ச்சி (Proembryogeny), இடைக்கரு தோற்ற வளர்ச்சி நிலை (early embryogeny), பின் கரு தோற்ற வளர்ச்சி நிலை (late embryogeny).

**(அ) முன்கரு தோற்ற வளர்ச்சி:** இது சைகோட்டின் பகுப்பின் மூலம் தொடங்கி, சஸ்பென்சார் (suspensor) நீட்சிக்கு சற்று முன்பான நிலை வரை நீடிக்கிறது. முன்கரு தோற்ற வளர்ச்சியில் நான்கு முக்கிய வேறுபாடுகள் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் காணப்படுகின்றன. அவையாவன:

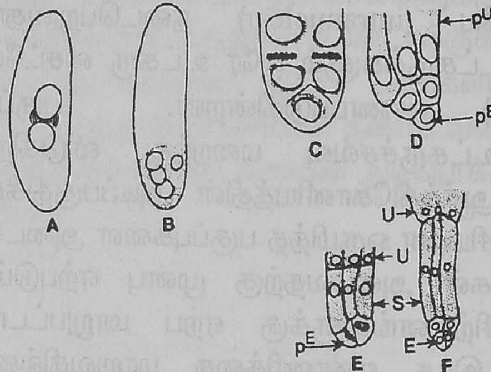
i. **சைகடு, ஜிங்கோ வகை**(படம் 194): சைகோட்டின் உட்கரு பகுப்பைத் தொடர்ந்து, பல தொடர்ச்சியான, ஒருமித்த உட்கரு பகுப்பு (synchronous divisions) உடனடியாக ஏற்படுகின்றன. ஆனால் பின்னால் ஏற்படும் பகுப்புகள் ஒருமித்த தன்மை கொண்டதாக இருப்பதில்லை; ஒரு சில உட்கருக்கள் பகுப்படையத் தவறி விடுகின்றன. பல சைகடுகளில் உட்கருக்கள் முன்கருவின் அடி நோக்கி இடப்பெயர்ச்சியடைந்து அங்கே தொடர்ந்து பகுப்படைகின்றன. முன்கருவின் மேல் பகுதியில் மிகக் குறைந்த அளவு சைட்டோபிளாசமும் ஒரு சில உட்கருக்களும் மட்டுமே காணப்படுகின்றன; இந்த உட்கருக்களும் விரைவில் சிதைந்து விடுகின்றன. *ஜிங்கோ*வில் முன்கருவின் உட்கருக்கள் அனைத்தும் சமமாக கரு முழுவதும் விரவலடைந்து காணப்படுகின்றன. ஏறத்தாழ 256 உட்கருக்கள் உள்ள நிலையில், உட்கருக்களைப் பிரிக்கும் வண்ணம் செல் சுவர்கள் உண்டாக்கப் படுகின்றன. சைகடுகளில் செல் சுவர்கள் உண்டாகும் நிலை சிற்றினங்களுக்கேற்ப வேறுபடுகின்றது. *டையூன் எடியூலில்* பொதுவாக பத்துப் பகுப்புகளுக்குப் பின்பும் (அதாவது 1024 உட்கருக்கள் உண்டான பின்பு ; இதுவே ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் காணப்படும் முன்கரு உட்கருக்களின் அதிக எண்ணிக்கை ஆகும்). *ஜாமியா ஃபுளோரிடானா*வில் 8 உட்கருப் பகுப்புகளுக்கு பின்பும், *போவேனியா ஸ்கர்ருலேட்டா*வில் 6 உட்கருப்பகுப்புகளுக்கு பின்பும் (சைகடுகளில் காணப்படும் முன்கரு உட்கருக்களின் குறைந்த எண்ணிக்கை இதுவாகும்) செல் சுவர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு உண்டாக்கப்பட்ட செல்கள் *ஜிங்கோ*வின் மொத்த முன்கருவிலும் காணப்படுகின்றன; இவற்றில் முன்கருவின் அடியில் உள்ள செல்கள் மட்டும் பகுப்படைந்து கருவை உண்டாக்குகின்றன; முன் கருவின் மேற்பகுதியில் உள்ள செல்கள் நீண்டு மிகவும் பருத்த சஸ்பென்சார் பகுதியை உருவாக்குகின்றன. பெரும்பாலான சைகடுகளில், முன் கருவின் அடிப்பக்கச் செல்களிலிருந்து தான் கரு

வளர்ச்சி ஏற்படுகிறது. கரு உண்டாக்கும் செல்களுக்கு அடுத்த அடுக்கு செல்கள் நீண்டு சஸ்பென்சார் பகுதியை உண்டாக்குகின்றன. இதற்கும் மேலே உள்ள அடுக்கு செல்கள் நடுப்பி செல்களாக (buffer cells) செயல்படுகின்றன. இந்த நடுப்பி செல்கள் நீண்டு வளரும் சஸ்பென்சார் செல்களில் அழுத்தத்தைத் தாங்கி, கருவின் அடிநோக்கிய வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.



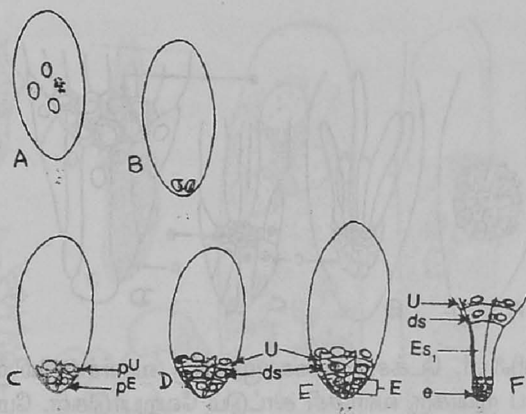

**படம் 194:** A-D. சைகடு, *ஜிங்கோ* வகை முன்கரு வளர்ச்சி. A-C. *ஜிங்கோ.* A. சைகோட் உட்கருவின் தொடர்பகுப்பின் மூலம் உண்டான பல உட்கரு கொண்ட முன்கரு (j. உறையடுக்கு). B. செல்களாலான முன்கரு. C. முன்கருவின் மேல்பக்கம் அமைந்த செல்கள் நீண்டு சஸ்பென்சார் பகுதியை உண்டாக்குதல். D. *ஜாமியா.* முன்கருவின் நீள்வெட்டு (e. கருசெல்களின் தொகுப்பு; s. கருசெல்களின் தொகுப்பு; s. சஸ்பென்சார்; bfc. நடுப்பி செல்கள்; fnz. –உட்கருக்கள் கொண்ட மண்டிலம்). பட உதவி: A-C. Lyon; D. Bryan

ii. **கோனிஃபர், டேக்சடு வகை:** சைகோட் பகுப்பு அதன் உட்கருக்குள்ளேயே (intranuclear) நடைபெறுவதால், உண்டாகும் இரண்டு மகள் உட்கருக்களும் ஒரே உட்கரு சைட்டோபிளாசத்திற்குள் (nucleocytoplasm) காணப்படுகின்றன. பகுப்பு முடிந்தவுடன் சைகோட்டின் உட்கருச்சவ்வு மறைந்து விடுகிறது. இரண்டு உட்கருக்களும் ஆர்க்கிகோனியத்தின் அடிப்பகுதிக்கு இடம்பெயர்ந்து அங்கே தொடர்ச்சியான ஒருமித்த பகுப்புகளை அடைகின்றன. சுவர்கள் உண்டாகி செல்கள் அமைவதற்கு முன்பு ஏற்படும் உட்கருக்களின் எண்ணிக்கை சிற்றினங்களுக்கு ஏற்ப மாறுபட்டாலும், ஒவ்வொரு சிற்றினத்திலும் இந்த எண்ணிக்கை மாறுவதில்லை. உண்டான அனைத்து உட்கருக்களும் இரண்டு அடுக்குகளில் அமைவறுகின்றன. பின்பு சுவர்கள் உண்டாக்கப்பட்டு, ஒரு கீழ் அடுக்குத் தொகுதி செல்களும் (இவ்வடுக்கு முதல் நிலை கரு அடுக்கு, $p^E$ எனப்படுகிறது), ஒரு மேலடுக்குத் தொகுதி செல்களும் (இவ்வடுக்கு முதல் நிலை மேலடுக்கு, $p^U$) உண்டாகின்றன. $p^U$ அடுக்கு செல்கள் ஆர்க்கிகோனியத்தை நோக்கிய பகுதியில் திறந்து காணப்படுகின்றன. இந்த இரண்டு அடுக்கு செல்களும் பகுப்படைகின்றன. கீழடுக்கான $p^E$ –இல் ஏற்படும் பகுப்புகள் செல்களின் எண்ணிக்கையை இரட்டிப்பாக்குகின்றன (*போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்களில் செல்கள் இரண்டு உட்கருக்களைப் பெறுகின்றன). இந்தத் தொகுதி செல்கள் கரு அடுக்கு (E) (embryonal tier) எனப்படுகிறது. $p^U$ அடுக்கில் ஏற்படும் குறுக்குப் பகுப்பைத் தொடர்ந்து ஏற்படும் செல் சுவர்களின் விளைவால் ஒரு மேற்புறம் திறந்த அடுக்கு செல்களும் (U) ஒரு அடி அடுக்கு சஸ்பென்சார் செல்களும் (S) தோன்றுகின்றன. கோனிஃபர்களின் முதிர்ந்த முன்கருவில் மூன்று அடுக்கு செல்கள் காணப்படுகின்றன: U,S,E. இத்தகைய அமைவு முறை, **அடிப்படை அமைவுப்பாங்கு** (basal plan) எனப்படுகிறது. (படம் 195).



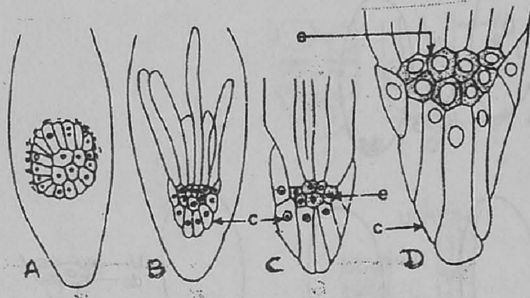

படம் 195: கோனிஃபர், டேக்சடு வகை முன்கரு வளர்ச்சியின் அடிப்படை அமைவுப்பாங்கு ஏற்படுதல். (டேக்சோடியேசி முன்கரு வளர்ச்சிப் படிநிலைகள் மூலம் காட்டப்பட்டுள்ளது). மேலும் விளக்கங்களுக்கு நூலைப் பார்க்கவும். பட உதவி: Dogra

இந்த அடிப்படை அமைவுப் பாங்கில் வேறுபாடுகள் காணப்படுகின்றன. பைனேசி குடும்பத் தாவரங்களில் (படம் 196), நான்கு உட்கருக்களும் முன்கருவின் அடிப்பகுதிக்கு இடம் பெயர்ந்து, அங்கு ஓரடுக்கில் ஒழுங்காக அமைந்து, பின்பு பகுப்படைகின்றன. இப்பகுப்பால் ஏற்படும் 8 உட்கருக்களும், அடுக்கிற்கு நான்காக இரண்டு அடுக்குகளில் அமைகின்றன. பின்பு ஏற்படும் சுவர்களின் விளைவாக $p^U$ அடுக்கும் $p^E$ அடுக்கும் உண்டாகின்றன. இந்த இரண்டு அடுக்கு செல்களும் மேலும் பகுப்படைந்து நான்கு அடுக்குகள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொரு அடுக்கிலும் நான்கு செல்க்ளைக் கொண்ட நான்கடுக்கு முன்கரு பைனேசி குடும்பத் தாவரங்களுக்கான சிறப்புப் பண்பாகும்; இந்த நான்கு அடுக்குகளில் அடியில் உள்ள இரண்டு அடுக்குகளும் E தொகுப்பாகத் திகழ்கின்றன. அதாவது **E** மற்றும் esi (கரு சஸ்பென்சார்); இவற்றைத் தொடர்ந்து முறையே **S** அடுக்கும் **U** அடுக்கும் காணப்படுகின்றன. **S** அடுக்கு செல்கள் நீட்சியடையாமல், பகுப்புகளை அடைகின்றன. எனவே இந்த அடுக்கு **செயலற்ற சஸ்பென்சார் (ds)** (disfunctional syspensor) என அழைக்கப்படுகிறது. முன்னர், இதே அடுக்கு வரிசை அடுக்கு (rosette tier ) என்று அழைக்கப்பட்டது.



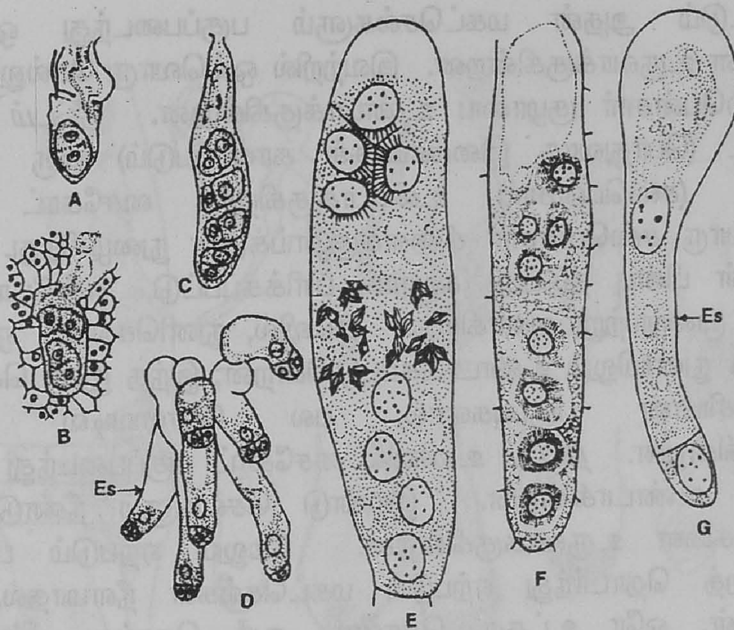

படம் 196: கோனிஃபர், டேக்சடு வகை முன்கரு வளர்ச்சியிலிருந்து பைனேசி குடும்ப முன்கரு வளர்ச்சி காட்டும் வேறுபாடுகள். மேலும் விளக்கங்களுக்கு நூலைப் பார்க்கவும். பட உதவி: Buchholz

ஆரக்கேரியேசி குடும்பத்தில் (படம் 197) செல்சுவர்கள் உண்டாக்கப்பட்ட பின்பும் முன்கருவின் 32–64 உட்கருக்கள் ஆர்க்கிகோனியத்தின் மையப்பகுதியில் உட்கருக்களாக நிலைத்து நிற்கின்றன. ஒரு மைய தொகுப்பும் ஒரு வெளிப்பக்க உறையடுக்கு செல்களும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. எனவே, *ஆரக்கேரியா* உள்ளமை பகுப்புநிலையைக் (internal division phase) கொண்டிருப்பதில்லை; பொதுவாகக் காணப்படும் $P^U$ , $P^E$ அடுக்குகளைக் காட்டுவதில்லை. சூல் துளைக்கு அருகிலமைந்த வெளிப்புற செல்கள் நீண்டு சஸ்பென்சார் பகுதியை உருவாக்குகின்றன. சலாசா முனைவு நோக்கிய பகுதியில் உள்ள செல்கள் ஓரளவுக்கு நீண்டு ஒரு தொப்பியை (cap) உருவாக்குகின்றன. மைய செல்கள் கருவின் பெரும்பகுதியை உருவாக்குகின்றன.




படம் 197: கோனிஃபர், டேக்சடு வகை முன்கரு வளர்ச்சியிலிருந்து ஆரக்கேரியேசி குடும்ப முன்கரு வளர்ச்சி காட்டும் வேறுபாடுகள். மேலும் விவரங்களுக்கு நூலைப் பார்க்கவும். A,B. *அகாதிஸ் ஆஸ்ட்ராலிஸ்* C. *ஆரக்கேரியா பிரசிலியென்சிஸ்.* (e. கரு உண்டாக்கு செல்கள்; C. தொப்பி செல்கள்). பட உதவி: Eames, Burlington

iii. **சிக்கோயா, எஃபீட்ரா வகை:** *சிக்கோயா*வில் சைகோட்டின் பகுப்பைத் தொடர்ந்து ஒரு சுவர் உண்டாகிறது. இதனால் ஏற்படும் இரண்டு செல்களும் தனித்தனி அலகுகளாகச் செயல்படுகின்றன. அடுத்த பகுப்பு தொடர்வதால் நான்கு தனித்தனி அலகுகள் ஏற்படுகின்றன. (படம் 198A-D) *எஃபீட்ரா*வில் சைகோட் உட்கருவில் ஏற்படும் பகுப்பினால் உண்டாகும் இரண்டு உட்கருக்களும் ஒன்றைவிட்டு மற்றொன்றாக விலகி விடுகின்றன. இவற்றில் மேலும் ஏற்படும் இரண்டு உட்கருப்பகுப்புகளினால் 8 உட்கருக்கள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொரு உட்கருவும் நன்றாக சாயம் ஏற்கும் ஒரு சைட்டோபிளாச உறையால் சூழப்படுகின்றது. இந்த உறைகள் வெளிப்புறம் விரிவடையும் இழைகளைக் கொண்டுள்ளன. 8 உட்கரு நிலையில், உட்கருக்களைப் பிரிக்கும் வகையில் செல்சுவர்கள் உண்டாக்கப்பட்டு, 8 தனித்தனி அலகுகள் ஏற்படுகின்றன. (படம் 198E-G)

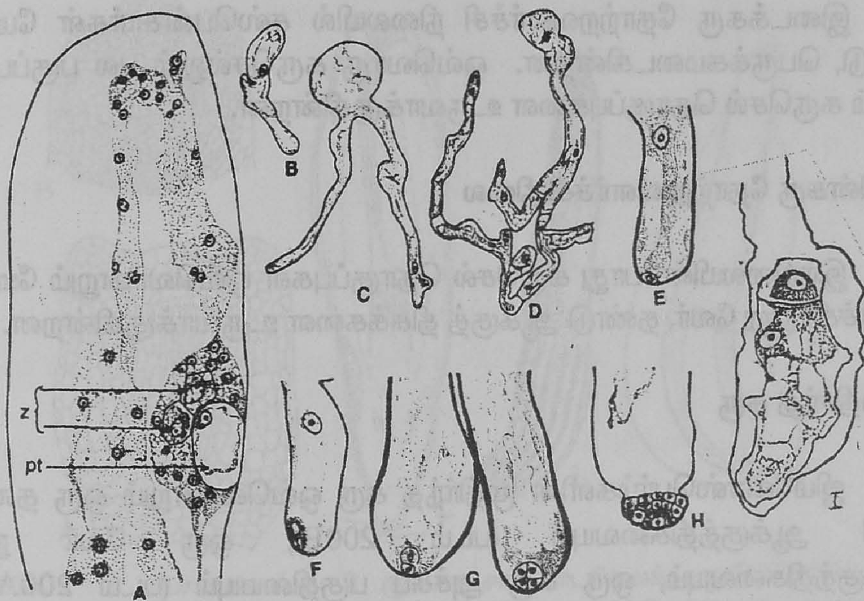



படம் 198: *சிக்கோயா, எஃபீட்ரா* வகை முன்கரு வளர்ச்சி. A-D. *சிக்கோயா.* A. சைகோட்டின் பகுப்பு மூலம் இரண்டு செல்கள் தோன்றுதல். B. இளம் முன்கரு. C. இரண்டு செல்கள் கொண்ட நான்கு அலகுகளைப் பெற்ற முன்கரு. D. இரண்டு அடுத்தடுத்த சைகோட்களிலிருந்து பெறப்பட்ட முன்கருக்கள். கரு உண்டாக்கு செல்கள் பகுப்படைந்துள்ளன; சஸ்பென்சார்கள் நீட்டமடைகின்றன. E-G. *எஃபீட்ரா.* E. எட்டு உட்கருக்கள் கொண்ட முன்கரு. F.E–ஐ விட அடுத்த வளர்நிலை. G. இரண்டு செல்கள் கொண்ட கரு அலகு. சஸ்பென்சார் (Es) நீண்டுள்ளது. பட உதவி: A-D. Buchholz; E-G. Lehman

இந்த இரண்டு பேரினங்களிலும் தொடர்ந்து ஏற்படும் நிகழ்வுகள் அனைத்தும் ஏறத்தாழ ஒன்றை ஒன்று ஒத்துள்ளன. ஒவ்வொரு அலகும் ஒரு குழாய் ஒத்த நீட்சியை உண்டாக்குகின்றன. இக்குழாயினுள் உட்கரு சமமற்ற பகுப்படைந்து ஒரு கரு செல்லையும் **(E)** ஒரு சஸ்பென்சார் செல்லையும் **(es)** உண்டாக்குகின்றது. இதில் (*es*) மேலும் நீளத்தில் அதிகமாகிறது.

(iv) **வெல்விட்ஸ்கியா, நீட்டம் வகை:** இவ்விரண்டு பேரினங்களிலும் சைகோட் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க செல்சுவரைக் கொண்டுள்ளது. *நீட்டத்தி*ல் சைகோட்டின் தொடக்கநிலை மாறுதல்கள் சிற்றனிங்களுக்கேற்ப மாறுபடுகிறது. *நீட்டம் ஆஃப்ரிக்கானத்தில்*

சைகோட்டும் அதன் மகட்செல்களும் பகுப்படைந்து ஒருவரிசை செல்களை உருவாக்குகின்றன. இவற்றில் ஒவ்வொரு செல்லும் நீண்டு ஒரு சஸ்பென்சார் குழாயை உண்டாக்குகின்றன. *நீட்டம் நீமானில்* சைகோட் (பொதுவாக இணையாகக் காணப்படும்) ஒரு கிளைத்த குழாயை (சஸ்பென்சார்) உண்டாக்குகிறது; சைகோட் உட்கரு ஏதோவொரு சஸ்பென்சார் கிளைக்குழாய்க்குள் நுழைகிறது. இந்தக் குழாய்கள் பின்பு தடுப்புச் சுவரால் பிரிக்கப்பட்டு, 'எஸ்டோஸ்பெர்ம்' திசுவில் முறையற்று வளர்கிறது. முடிவில், நுனிசெல்கள் ஒவ்வொரு குழாயின் நுனியிலும் உண்டாக்கப்படுகின்றன; இந்த நுனி செல்களின் தொடர்ச்சியான பகுப்புகளால், பல கோளவடிவ கருக்கள் உண்டாகின்றன. *நீட்டம் உலாவில்* சைகோட் பகுப்படைந்து இரண்டு செல்கள் உண்டாகின்றன. இரண்டு செல்களும் நீண்டு குழாய் அமைப்புகளை உருவாக்குகின்றன. மேலும் ஏற்படும் பகுப்புகள், அவற்றைத் தொடர்ந்து ஏற்படும் மகட்செல்கள் நீளமாதல், ஆகிய நிகழ்வுகள், ஒரே உட்கரு கொண்ட ஒரு கொத்து சஸ்பென்சார் குழாய்களை உருவாக்குகின்றன. இக்குழாய்கள் பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தில் பல்வேறு திசைகளில் வளர்கின்றன. ஒவ்வொரு குழாயும் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க செல்சுவரையும், நுனியில் அமைந்த உட்கருவையும் கொண்டுள்ளன. இந்த உட்கரு பகுப்படைந்து, தொடக்கத்தில் வில்லை உருவான ஒரு செல்லை உண்டாக்குகிறது; இந்த செல் பின்னர் பம்பர வடிவத்தை அடைகிறது. பம்பரவடிவ செல் மேலும் பல பகுப்புகளை அடைந்து ஒரு கோள வடிவ செல் திரட்டினை உருவாக்குகிறது; இந்த கோளவடிவ செல் திரட்டு பின்னர் கருவினை உருவாக்குகிறது (படம் 199).




படம் 199: *வெல்விட்ஸ்கியா, நீட்டம்* வகை முன்கரு வளர்ச்சி. A-D. *நீட்டம் நீமான்.* A. பெண் கேமீட்டகத் தாவரத்தின் மேல்பகுதி. மகரந்தக்குழாயும் (pt) அதற்கருகில் அமைந்த ஓர் இணை சைகோட்களும் (z). B-D. நீண்ட, கிளைத்த, தடுப்புச் சுவர் கொண்ட சஸ்பென்சார் குழாய்கள் உண்டாதல் படிநிலைகள். E-H. *நீட்டம் உலா.* E-F. சஸ்பென்சார் குழாயின் நுனிப்பகுதி. இங்கு வில்லை அல்லது பேரி வடிவ கருசெல் காணப்படுகிறது. G,H. கருசெல்லின் தொடர்வளர்ச்சி I. *வெல்விட்ஸ்கியா* இருசெல் முன்கரு. பட உதவி: A-D. Sanwal; E-H. Vimla Vasil; I. Martens and Waterkeyn

*வெல்விட்ஸ்கியா*வில் சைகோட் ஒரு கருவறுதல் குமிழில் அமைந்து காணப்படுகிறது. சைகோட் முதலில் நீண்டு பின்பு பகுப்படைந்து ஒரு பெரிய சஸ்பென்சார் செல்லையும் ஒரு சிறிய கரு செல்லையும் உண்டாக்குகிறது. (படம் 199 I) கரு செல் குறுக்குவாக்கில் பகுப்படைந்து தொடர்ச்சியான பல கரு சஸ்பென்சார்களை(es) உருவாக்குகின்றன. ஒவ்வொரு *es*–உம் நீள்கின்றது என்றாலும் அனைத்துமே புரோதாலிய குழாய்க்குள்ளேயே அமைந்து காணப்படுகின்றன. இளம் கருசெல் புரோதாலிய குழாய்க்குள்ளேயே இருந்து கொண்டு சூல்திசுவின் மேல் இறங்குகின்றது. பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தை அடைந்தவுடன் கருசெல்லில் ஏற்படும் தொடர் வளர்ச்சி ஒரு கருவில் முடிவடைகிறது.

**ஆ. இடைக்கரு தோற்றவளர்ச்சி நிலை**

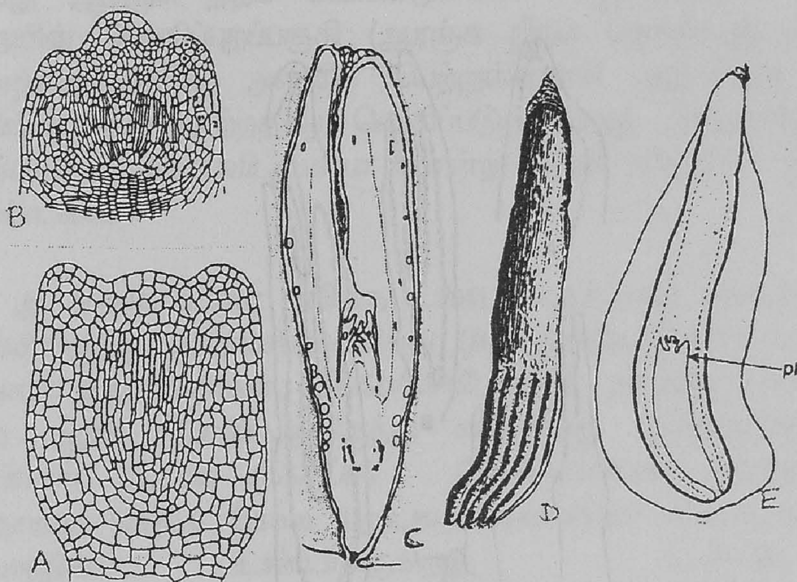
இடைக்கரு தோற்றவளர்ச்சி நிலையில் சஸ்பென்சார்கள் மேலும் நீண்டு, பெருக்கமடைகின்றன. ஒவ்வொரு கருசெல்லும் பல பகுப்புகள் மூலம் கருசெல் தொகுப்புகளை உருவாக்குகின்றன.

### இ. பின்கரு தோற்ற வளர்ச்சி நிலை

இந்நிலையின்போது கருசெல் தொகுப்புகள் ஒவ்வொன்றும் மேலும் வளர்ச்சியுற்று வேர், தண்டு ஆக்குத் திசுக்களை உருவாக்குகின்றன.

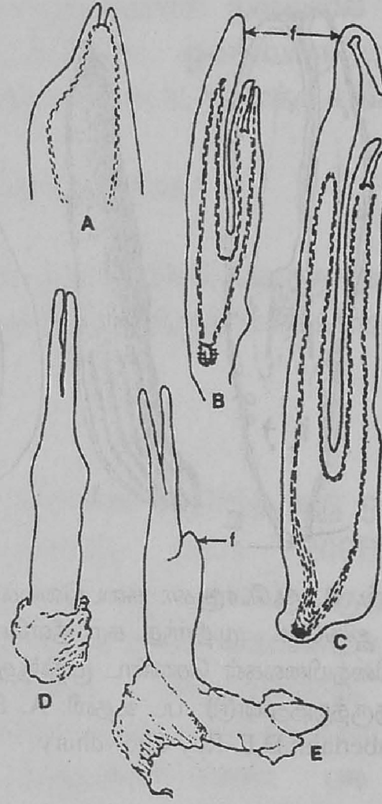
### ஈ. முதிர்ந்த கரு

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் முதிர்ந்த கரு ஒவ்வொன்றும் ஒரு தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுவையும் (படம் 200B), ஒரு வேர் நுனி ஆக்குத்திசுவையும், ஒரு கரு அச்சுப் பகுதியையும் (படம் 200A-D), விதையிலைகளையும் (படம் 200E) கொண்டிருக்கும். விதையிலைகளின் எண்ணிக்கை பெரிதும் வேறுபடுகிறது. விதையிலைகளின் எண்ணிக்கை ஒன்றாகவோ (எடுத்துக்காட்டு: *செரட்டோஜாமியா*), இரண்டாகவோ (எடுத்துக்காட்டுகள்: பல சைகடுகள், *ஜிங்கோ, குயூப்ரசஸ், போடோகார்பஸ், ஆரக்கேரியா,* டேக்சடுகள், *எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா,* நீட்டம்), மூன்றாகவோ (எடுத்துக்காட்டுகள்: *என்செஃபலார்டோஸ்,* அரிதாக *ஜிங்கோ,* டேக்சோடியேசி, டேக்சடுகள், *நீட்டம்*), நான்காகவோ (எடுத்துக்காட்டு: *சிக்கோயா*) அல்லது பலவாகவோ (எடுத்துக்காட்டுகள்: பைனேசி தாவரங்கள்) இருக்கின்றது.




படம் 200: A. *போடோகார்பஸ்.* B. *சூடோசூகா.* கடைநிலைக் கருவின் நீள்வெட்டுத் தோற்றங்கள். C. *ஜிங்கோ.* முதிர்ந்த கரு நீள்வெட்டுத் தோற்றம். D,E. *சீட்ரஸ்.* D. பல விதையிலைகள் கொண்ட முதிர்ந்த கரு. E. முதிர்ந்த கரு நீள்வெட்டு. (pl. குருத்துத்தண்டு) பட உதவி: A. Brownlie; B. Allen; C. Coulter and Chamberlain; D,E. Roy Chowdhury

*வெல்விட்ஸ்கியா*விலும், *நீட்டத்*திலும் முதிர்ந்த கருவில் ஊட்டுறுப்பு (feeder) என்ற சிறப்பு உறுப்பு காணப்படுகின்றது. இவ்வுறுப்பு முளையடித் தண்டின் (hypocoty) பக்கவாட்டு வீக்கமாக உண்டாக்கப்படுகிறது; இதற்கென தனியான வாஸ்குலத்திசு இணைப்பு காணப்படுகிறது. கருவைவிட இது சிறப்பாக அமைந்து காணப்படுகிறது. (படம் 201)




படம் 201: ஊட்டுறுப்பு (f), தோற்றமும் அமைப்பும். A-C. *நீட்டம்* கரு; D,E. *வெல்விட்ஸ்கியா.* பட உதவி: A-C. Sanwal; D,E. Martens and Waterkeyn

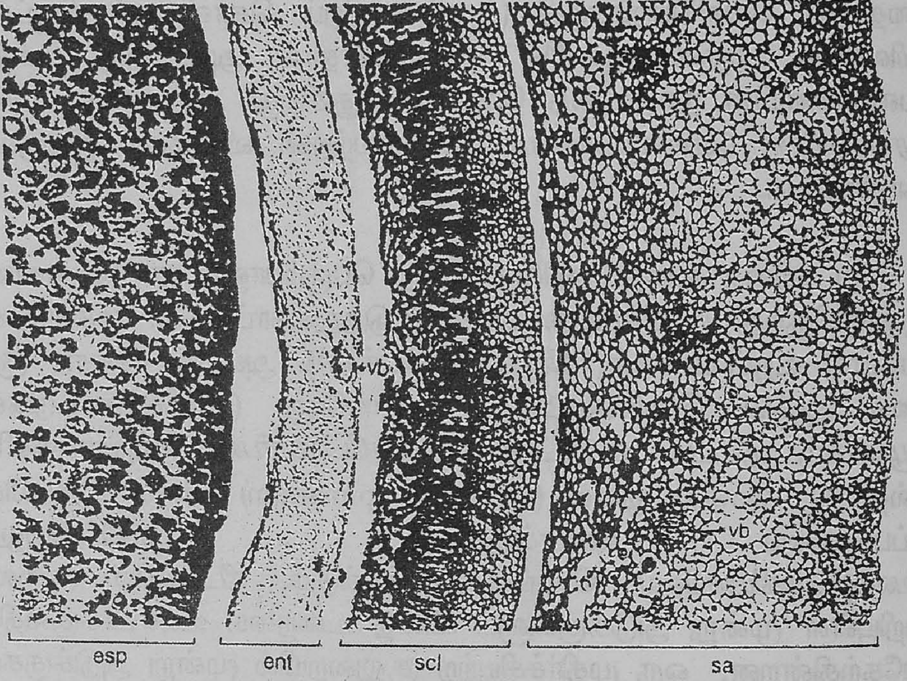
## 7. விதை

ஒரு முதிர்ந்த விதையில் பொதுவாக ஒரு வலுவான விதை உறையும், சேமிப்பு உணவுப்பொருட்கள் நிறைந்த ஒரு 'எண்டோஸ்பெர்ம்' திசுவும் காணப்படுகின்றன. முதிர்ச்சி அடைய அடைய விதை அதிகஅளவு நீரை இழக்கிறது. சூல்திசு மிகவும் அமுக்கப்பட்டு 'எண்டோஸ்பெர்ம்' திசுவின் மேல் ஒரு மெல்லிய தொப்பி போன்ற 'பெரிஸ்பெர்ம்' திசுவாகக் காணப்படுகிறது.

டேக்சடுகளிலும், *போடோகார்ப்ஸ்* சிற்றினங்களிலும் முதிர்ந்த விதையில் ஒரு அடர்சிவப்பு நிற ஏரில் (aril) காணப்படுகிறது. சைகடுகள், *ஜிங்கோ, நீட்டம்* போன்றவற்றின் சதைப்பற்றுள்ள விதைகள் சிவப்பு

அல்லது ஆரஞ்சு நிறம் கொண்டுள்ளன. *ஜிங்கோ*வின் முதிர்ந்த விதையின் வெளிப்புறப்பகுதி (ஆரஞ்சு நிறம் கொண்டது) பியூட்ரிக் அமிலத்தை அதிக அளவில் பெற்றுள்ளதால் அது ஒரு புளித்த வெண்ணையின் நாற்றத்தை வெளிப்படுத்துகிறது. *பைனஸ், சீட்ரஸ், ஆரக்கேரியா, வெல்விட்ஸ்கியா* போன்றவற்றின் விதைகள் இறகுகள் கொண்டவை.

அ. **விதை உறை:** விதை உறை பெரும்பாலும் சூலின் சலாசா பகுதியிலிருந்து வளர்ச்சியடைகிறது (எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகடுகள், பைனேசி உறுப்பினர்கள், *செஃபலோடேக்சஸ்*), அல்லது சலாசா, சூல் உறை ஆகிய இரண்டிலுமிருந்து வளர்கிறது (எடுத்துக்காட்டுகள்: *குயூப்ரசஸ், நீட்டம், எஃபீட்ரா*). *போடோகார்பஸ்* சிற்றினங்களில் சூல்தாங்கு செதில் இலை (புறஉறை, epimatium) விதை உறையின் புறப்பகுதியை உண்டாக்குகிறது. *எஃபீட்ரா*விலும் *வெல்விட்ஸ்கியா*விலும் வெளிப்புற அடுக்கும், *நீட்டத்*தில் சூலைச் சுற்றியுள்ள மூன்று அடுக்குகளும் விதை உறையை உண்டாக்குவதில் பங்கேற்கின்றன. ஒரு முதிர்ச்சியுற்ற சூலுறையில் மூன்று அடுக்குகள் காணப்படுகின்றன.. ஒரு வெளிப்பக்க, பாரங்கைமா திசுவாலான, **சார்க்கோடெஸ்டா** (sarcotesta), நடுவில் அமைந்த, கல்செல்களாலான, கடினமான **ஸ்கெலரோடெஸ்டா** (sclerotesta) உட்புறம் அமைந்த, பாரங்கைமாவாலான **எண்டோடெஸ்டா** (endodesta). (படம் 202)

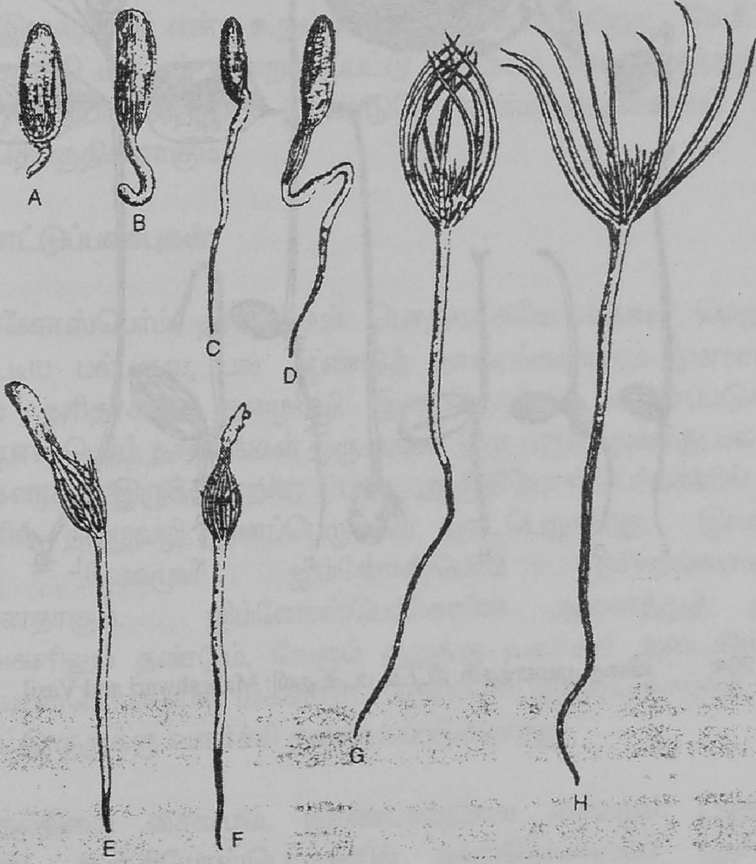



படம் 202: *நீட்டம் நீமான்.* விதையின் குறுக்குவெட்டுகள். 'எண்டோஸ்பெர்ம்' (esp), உள் விதையுறை (ent), கடின விதையுறை (scl), மென்மை விதையுறை (sa), வாஸ்குலக்கற்றை (vb) போன்றவை காட்டப்பட்டுள்ளன. பட உதவி: Rodin and Kapil

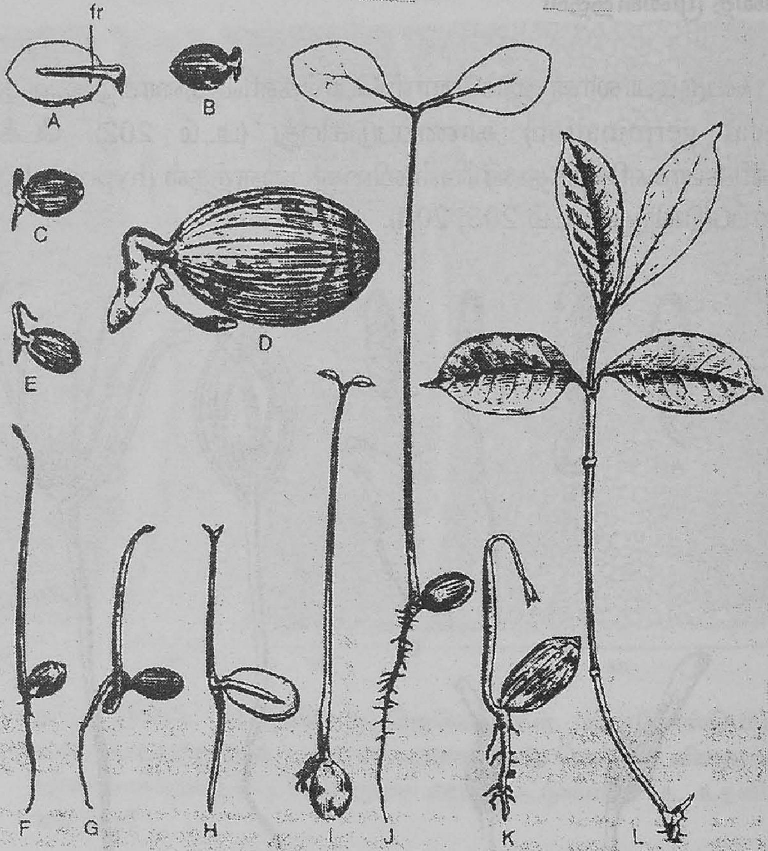
விதை வளர்ச்சியடையும்போது தரசம், கொழுப்பு, புரதங்கள் போன்ற சேமிப்பு உணவுப்பொருட்கள் விதையின் 'எண்டோஸ்பெர்ம்' திசுவில் படிகின்றன. பொதுவாக கருவைச் சுற்றியுள்ள பல அடுக்கு பெண் கேமீட்டகத் தாவர திசுக்களில் சேமிப்புப்பொருட்கள் காணப்படுவதில்லை. கருவளர்ச்சி நடைபெறும் போதுதான் உணவுச்சேமிப்புப் பொருட்களும் விதையில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. *ஜிங்கோ*விலும், சைகடுகளிலும், கருக்களற்ற விதைகளிலும் சேமிப்பு உணவுப் பொருட்கள் காணப்படுகின்றன. விதை முளைக்கும்போது இவ்வுணவுப் பொருட்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## 8. விதை முளைத்தல்

பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் தரைகீழ் விதைமுளைத்தல் (epigeal germination) காணப்படுகிறது (படம் 202). டேக்சடுகளிலும் கோனிஃபர்களிலும் தரைமேல் விதைமுளைத்தல் (hypogeal germination) காணப்படுகிறது (படம் 203, 204).




**படம் 203:** விதை முளைத்தல். *பைனஸ் ஸ்ட்ரோபஸ்.* பட உதவி: Maheshwari and Konar




படம் 204: விதை முளைத்தல். *நீட்டம்* பட உதவி: Maheshwari and Vasil

## VIII. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களும் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களும்

### 1. பொதுப்பண்புகள்

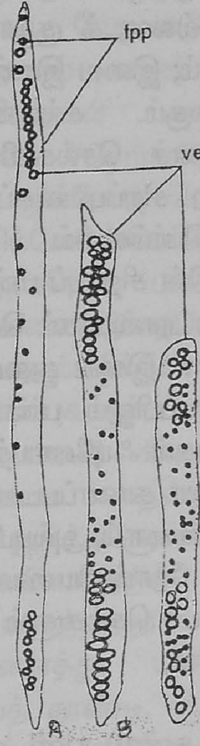
இரண்டு தொகுதி தாவரங்களுமே விதைத் தாவரங்களாகும். இரண்டிலுமே வித்தகத் தாவரச் சந்ததி ஓங்குபண்பு கொண்டும், தனித்தன்மை கொண்டும், நன்கு வளர்ச்சியுற்றும் வேறுபாடுற்றும் (தண்டு, இலை, வேர் என்ற உறுப்புகளாக) காணப்படுகிறது. கேமீட்டகத் தாவரச் சந்ததி மிகவும் குறைக்கப்பட்டு வித்தகத் தாவரச் சந்ததியைச் சார்ந்து காணப்படுகிறது. இரண்டுமே வாஸ்குலத்திசுவைப் பெற்ற தாவரத் தொகுதிகளாகும்.

### 2. வேறுபாட்டுப்பண்புகள்

ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் பொதுவாகவே மிகவும் மெதுவாக வளரக்கூடிய பல்பருவ, பல ஆண்டுத் தாவரங்களாகும் (perennials). இவற்றில் அரிதாகவே தழைவழி இனப்பெருக்கம் காணப்படுகிறது. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் ஒரு பருவ, இரு பருவ அல்லது பல்பருவ தாவரங்களாக இருக்கின்றன; பல ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் பல வகைகளில் தழைவழி இனப்பெருக்கம் நடைபெறுகிறது. இவற்றின் வளர்ச்சி வேகமும் ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்களைவிட அதிகமானதாகும். ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் அனைத்துத் தாவர சிற்றினங்களிலும் தண்டும், வேரும் குறுக்கு வளர்ச்சி அடைகின்றன. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களின் மிகச்சிறிய செடிகளில் குறுகிய வாழ்நாட்களே காணப்பட்டு குறுக்கு வளர்ச்சி தவிர்க்கப்படுகின்றது.

முதல்நிலை சைலமும், இரண்டாம்நிலை சைலமும் (அதாவது கட்டையும்) ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் டிரக்கீடுகளையும் (அரிதாக) வெசல்களையும் (பொதுவாக) பெற்றுள்ளது. இதனால் இவற்றின் சைலம் **வேறுபாடுற்ற சைலம்** (heteroxylic) எனப்படுகிறது. ஆனால் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் சைலத்தில் பொதுவாக டிரக்கீடுகள் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. எனவே இவற்றின் சைலம் வேறுபாடுறா சைலம் அல்லது **ஒருமித்தசைலம்** (homoxylic) என்று அழைக்கப்படுகிறது. பல ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரங்களில் டிரக்கீடுகள் காணப்படாமல்

இருக்கலாம் அல்லது மிக அரிதாகக் காணப்படலாம். அப்படிக் காணப்பட்டால் இவை வெசல் அங்கங்களுக்கு அருகாமையில், பொதுவாக அவற்றைச் சுற்றி (vasicentric tracheids) காணப்படுகின்றன அல்லது பருவ முடிவில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இதேபோன்று, *எஃபீட்ரா, வெல்விட்ஸ்கியா, நீட்டம்* ஆகிய மூன்று ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் மட்டுமே சைலம் வேறுபாடுற்ற சைலமாகக் காணப்படுகிறது. அதாவது, இவற்றில் வெசல்களும் காணப்படுகின்றன (படம் 205). ஆனால் இவற்றின் வெசல்கள் பரிணாம அடிப்படையில் வட்டவடிவ வரையுற்ற குழிகள் கொண்ட டிரக்கீடுகளிலிருந்து படிப்படியாகத் தோன்றியவை என்று நிரூபிக்கப்பட்டு விட்டது. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரங்களின் வெசல்கள் இதற்கு மாறாக ஏணியொத்த குழிகள் (scalariform pitted) கொண்ட டிரக்கீடுகளில் இருந்து படிப்படியாகத் தோன்றியவை ஆகும். ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களின் ஏறத்தாழ 11 பேரினங்களிலும் அவற்றின் 110 சிற்றினங்களிலும் சைலம் திசுவில் வெசல் காணப்படுவதில்லை. இவை வெசல்கள் அற்ற ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள் (vesselless angiosperms) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. எனவே, ஒருசில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் வெசல்கள் பெற்றிருப்பதும், ஒருசில ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள் வெசல்கள் பெற்றிராமல் இருப்பதும் விதிவிலக்குப் பண்புகளாகும் என்றும் இவற்றிற்குப் பரிணாம முக்கியத்துவம் கொடுக்கக் கூடாது என்றும் பலர் கருதுகின்றனர். இதேபோன்று ஜிம்னோஸ்பெர்ம் கட்டைகளில் அச்சு பாரங்கைமா பொதுவாகக் காணப்படுவதில்லை; அல்லது காணப்படுவது மிக அரிது.




**படம் 205:** A-C. *ஏஃபீட்ரா*வின் வெசல் அங்கங்கள். பல்துளைத்தட்டுக்களும் (fpp), வரையுற்ற குழிகளும் காட்டப்பட்டுள்ளன. பட உதவி: Esau

ஃபுளோயம் திசுவின் அமைப்பிலும் இரண்டு தொகுதிகளின் தாவரங்களும் வேறுபடுகின்றன. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் ஃபுளோயம் சல்லடைக் குழாய்களைப் பெற்றிருப்பதில்லை; சல்லடைச் செல்கள் மற்றுமே காணப்படுகின்றன; இவற்றில் சல்லடைப் பரப்புகள் அரிதாக செல் நுனி சுவரில் அமைந்துள்ளன; பொதுவாக சல்லடைப் பரப்புப் பகுதிகள் பக்க உறையில் காணப்படுகின்றன; முதிர்ந்த சல்லடை செல்களில் உட்கரு (பல்வேறு சிதைவுநிலைகளில் இருந்தாலும்) காணப்படுகிறது. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் பொதுவாக சல்லடைச் செல்கள் காணப்படுவதில்லை; சல்லடைக்குழாய்கள் மட்டுமே உள்ளன; இவற்றின் நுனி உறையில் கிடைமட்டமாகவோ அல்லது சற்று சாய்வாகவோ அமைந்த சல்லடைத் தட்டுகளில் (sieve plates) சல்லடைப் பரப்புகளும் துளைகளும் காணப்படுகின்றன; ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களின்

ஃபுளோயத்தில் உள்ள மற்றொரு சிறப்புப் பண்பு துணைச் செல்களாகும் (companion cells). இவை சல்லடைக் குழாய்களை ஒட்டி இணைந்து அதே நீளத்திற்குக் காணப்படும்; இவை இரண்டுமே ஒரு தாய்செல்லின் பகுப்பினால் தோன்றியவையாகும். சல்லடைக்குழாய் அங்கங்களில் உட்கரு கிடையாது. துணைச் செல்களில் உட்கரு காணப்படும். இரண்டிலுமே Þ புரதம் என்ற சிறப்புவகைப் புரதம் காணப்படுகிறது. இப்புரதம் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் காணப்படுவதில்லை. ஜிம்னோஸ்பெர்ம் ஃபுளோயத்தின் சிறப்புப் பண்பு அல்புமின் செல்களைப் பெற்றிருப்பதாகும். இவை **ஸ்ட்ராஸ்பர்கர் செல்கள்** (Strasburger cells) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவை துணைச் செல்களை ஒத்தவை என்று கருதப்பட்டாலும் அமைப்பிலும் பண்புகளிலும் அவற்றிலிருந்து வேறுபட்டவை. அல்புமின் செல்கள் ஃபுளோயத்தின் ஆரத்தொகுதியிலோ அல்லது அச்சுத் தொகுதியிலோ காணப்படலாம். அச்சுத் தொகுதியில் காணப்பட்டால், சல்லடைச் செல்களும், அல்புமின் செல்களும் வெவ்வேறு தோற்றுவிச் செல்களிலிருந்து தோன்றியவையாக இருக்கும். எனினும் அல்புமின் செல்களும், சல்லடைச் செல்களும் பிளாஸ்மோ டெஸ்மாக்கள் மூலம் தொடர்பு பெற்றிருக்கலாம்.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுவில் டுனிக்கா–கார்பஸ் (tunica-corpus) அமைப்பு அரிதாகத்தான் காணப்படுகிறது (எ.கா. *நீட்டம்*). பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் தண்டுநுனி ஆக்குத்திசு வேறுபாடு காட்டக்கூடிய செல் திசுவமைப்பு மண்டிலங்களால் (cytohistological zones) ஆனது; ஒவ்வொரு மண்டிலமும் குறிப்பிட்ட செயல்களைச் செய்து தண்டுத் தொகுதியை உருவாக்குகின்றன. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரங்களின் தண்டு நுனி ஆக்குத்திசுவும் செல்–திசுவமைப்பு மண்டிலங்களின் அடிப்படையில் செயல்பட்டாலும், டுனிக்கா–கார்பஸ் அமைப்பைச் சிறப்பாகப் பெற்றுள்ளது.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் மகரந்தச்சேர்க்கையும், விதைப் பரவலும் பெரும்பாலும் காற்றால் நடைபெறுகின்றது (அரிதாக பூச்சிகளால்). ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் மகரந்தச்சேர்க்கையும் விதைப்பரவுதலும் தாவரங்களுக்கேற்ப பூச்சிகள், விலங்குகள், காற்று அல்லது நீரின் உதவி கொண்டு நடைபெறுகிறது.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களுக்கும் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களுக்கும் உள்ள மிக முக்கியமான, அடிப்படை வேறுபாடு ஜிம்னோஸ்பெர்ம் விதைகள் சூலக இலைத் திசு உறையால் (carpel tissue cover) மூடப்படாமலும், ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் விதைகள் மூடப்பட்டும் இருப்பதுதான். இப்பண்பைத்தான் முறையே "Gymno", "Angio" என்ற சொற்கள் சுட்டுகின்றன. இதனால் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் விதைகள் உண்டு, பழங்கள் கிடையாது. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் பூக்களும் கிடையாது. பூவின் உறுப்புகளான அல்லிகள், புல்லிகள் (அல்லது பூவிதழ்கள்) ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் காணப்படுவதில்லை. சூலக இலைத்திசு விதையை மூடாமல் இருப்பதால் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் சூலகத்தண்டு, சூலகமுடி ஆகிய அமைப்புகளும், சூல்களைத் தாங்கும் சூல் ஒட்டுத்திசுவும் (placental tissue) கிடையாது. இக்காரணங்களால் மகரந்தக்குழாய் நேரடியாக தன்னுடைய உட்பொருட்களை (ஆண்கேமீட்கள் உட்பட) ஆர்க்கிகோனியத்திற்குள் அல்லது முட்டை செல் சைட்டோபிளாசத்தில் வெளியேற்றுகிறது. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் மகரந்தத்தூள் சூலகமுடியில் படிந்து, அங்கு அனுமதிக்கப்பட்டால் முளைத்து, மகரந்தக்குழாய் சூலகத்தண்டு வழியாக சூலக அறையைத் தாண்டி, சூலின் நுண்துளை (micropyle) வழியாக சூலை அடைந்து, கருப்பையின் சைனர்ஜிட் செல்லில் தன்னுடைய உட்பொருட்களை (ஆண்கேமீட்கள் உட்பட) வெளிவிடுகிறது.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் சூல்கள் அனைத்துமே ஒரு ஒரு சூலுறை (unitegenic) கொண்டவை; நேர்சூல் வகையானவை. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் சூல்கள் ஒன்று அல்லது இரண்டு சூலறைகளைச் சிற்றினங்களுக்கேற்ப பெற்றுள்ளது; சூல்கள் பல்வேறு அமைவுப் பாங்குகளைப் (நேர்சூல், தலைகீழ் சூல்,கிடைமட்ட சூல் போன்ற) பெற்றிருக்கலாம். ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் பெண் இனப்பெருக்க அமைப்புகளாக சூலின் சூல்திசுவிலிருந்து (nucellus) தோன்றும் பெண்கேமீட்டகத்திசுவின் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஆர்க்கிகோனியங்கள் திகழ்கின்றன (விதிவிலக்குகள் *வெல்விட்ஸ்கியா, நீட்டம்*). ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் ஆர்க்கிகோனியங்கள் தோன்றுவதில்லை.

இரண்டு தொகுதி தாவரங்களிலும் சூல் திசுவிலிருந்துதான் பெண்வித்து தாய் செல் (Megaspore mother cell) தோன்றுகின்றது. இது குன்றல்பகுப்படைந்து நான்கு பெண்வித்துகளை (megaspoxs) உண்டாக்குகிறது. பெண் கேமீட்டகத் தாவரத்தின் வளர்ச்சி ஒரே ஒரு பெண்வித்திலிருந்து தான் பெரும்பாலான ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில், ஏற்படுகிறது (monosporic development). ஆனால் *நீட்டம், வெல்விட்ஸ்கியா* ஆகிய இரண்டில் மட்டும் நான்கு பெண்வித்துக்களும் பெண்கேமீட்டகத் தாவர வளர்ச்சியில் பங்கு கொள்கின்றன (tetrasporic development). ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் பெண்கேமீட்டகத் தாவரத்தின் (=கருப்பை) வளர்ச்சி ஒன்று, இரண்டு அல்லது நான்கு பெண்வித்துகளிலிருந்தும் தாவரங்களுக்கேற்ப காணப்படலாம்.

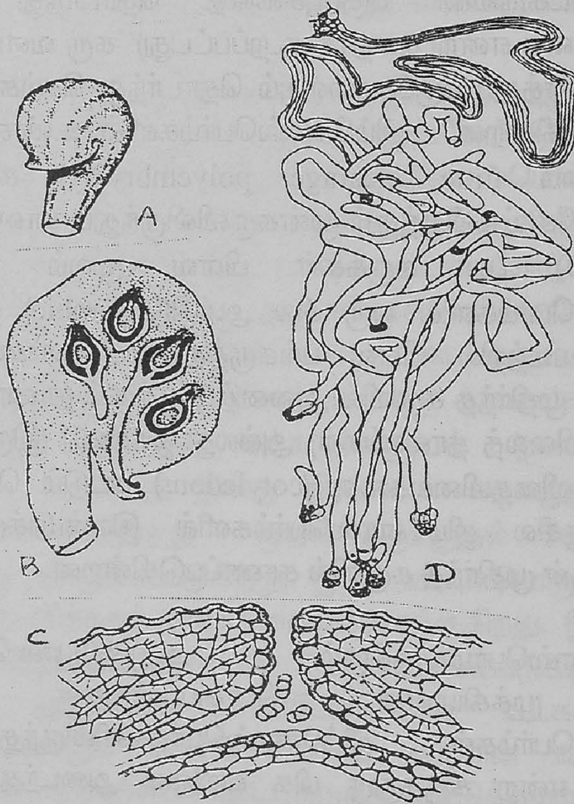
இரண்டு தொகுதி தாவரங்களிலும் இரண்டு ஆண்கேமீட்கள் உருவாக்கப்பட்டு மகரந்தக்குழாய் மூலம் பெண்கேமீட்டுக்கு அருகில் கொண்டு செல்லப்படுகின்றன என்றாலும், ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் ஒரே ஒரு கருவுறுதல் (single fertilization) மட்டுமே நடைபெறுகிறது. அதாவது இரண்டு ஆண்கேமீட்களில் ஒன்று மட்டும் முட்டையோடு இணைந்து சைகோட்டை உருவாக்குகிறது. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் இரண்டு ஆண்கேமீட்களில் ஒன்று பெண்கேமீட்டான முட்டையுடனும், மற்றொன்று கருப்பையில் உள்ள இரண்டாம்நிலை உட்கரு (secondary nucleus) அல்லது இரண்டு முனைவு உட்கருக்களுடன் (polar nucleus) இணைகின்றது. அதாவது இங்கு இரட்டைக் கருவுறுதல் (double fertilization) காணப்படுகிறது. முதல் கருவுறுதல் **கேமீட்டிணைவு** (syngamy) என்று அழைக்கப்படுகிறது; இதன் விளைபொருள் சைகோட் ஆகும்; இது புதிய வித்தகத் தாவரத்தை உருவாக்குகிறது. இரண்டாவது கருவுறுதல் **மூன்றிணைவு** (triple fusion) எனப்படுகிறது; இதன் விளைபொருள் முதல்நிலை எண்டோஸ்பெர்ம் உட்கரு ஆகும்; இதிலிருந்து தோன்றும் எண்டோஸ்பெர்ம் கருவின் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தவும், கருவுக்கான ஊட்டத்தைக் கொடுக்கவும் உதவுகிறது. எனவே, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் எண்டோஸ்பெர்ம் திசு கிடையாது. எண்டோஸ்பெர்ம் திசுவின் வேலையைப் பெண்கேமீட்டகத் தாவர திசுவே மேற்கொள்கிறது. ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் (எ.கா. **எஃபீட்ரா**) இரட்டைக் கருவுறுதல் நடைபெறுவதாக, அதாவது இரண்டு ஆண்கேமீட்களுமே தனித்தனி பெண் உட்கருக்களுடன் இணைவதாக,

கண்டறியப்பட்டுள்ளது. எனவே, இந்த அடிப்படையில் இரட்டைக் கருவுறுதலின் பரிணாமம் ஒருசில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலேயே தொடங்கிவிட்டது என்று ஒருசில அறிவியலாளர்கள் கருதுகின்றனர்.

அனைத்து ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலும் கருவளர்ச்சியின் போது சைகோட்டின் உட்கரு தொடர்ந்து பகுப்படைகின்றது; ஒவ்வொரு உட்கரு பகுப்பின் முடிவிலும் அவற்றைப் பிரிக்கும் வகையில் செல்சுவர் உண்டாவதில்லை. எனவே, கருவளர்ச்சி தொடர் உட்கருநிலை (free nuclear) வகையானதாகும். இதற்கு மாறாக ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் அனைத்திலும் (*பியோனியா*வையும் சேர்த்து; இதில், முன் கருவின் உட்கருவின் பகுப்புகளைத் தொடர்ந்து செல்சுவர்கள் உண்டாவதில்லை என்று தவறாக கூறப்பட்டது) கரு வளர்ச்சியின் போது ஏற்படும் அனைத்துப் பகுப்புகளையும் தொடர்ந்து செல்சுவர்கள் உடனே தோன்றி விடுகின்றன. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் உண்மையான பிளவு **பல்கருத்தன்மை** (true clearage polyembryary) காணப்படுகிறது. அதாவது சைகோட்டிலிருந்தும் முன்கருவிலிருந்தும் தாவரங்களுக்கேற்ப (படம் 206D) பல கருக்கள் பிளவு மூலம் ஏற்படுகின்றன. ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களில் ஒரு சில ஆர்கிடு (orchid) தாவரங்களைத் தவிர ஏனையவற்றில் பிளவு பல்கருத்தன்மை காணப்படுவதில்லை. இதேபோன்று முதிர்ந்த கருவில் அனைத்து பூக்கும் தாவரங்களும் ஒன்று (ஒருவிதையிலைத் தாவரங்கள்) அல்லது இரண்டு (இருவிதையிலைத் தாவரங்கள்) விதையிலைகளை (cotyledons) மட்டும் கொண்டுள்ளன. ஆனால் ஒருசில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட விதையிலைகள் முதிர்ந்த கருவில் காணப்படுகின்றன.

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களுக்கும் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களுக்கும் இடையே முக்கியமான பொதுப்பண்புகள் இருப்பதால், ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலிருந்து தோன்றி யிருக்கலாம் என்ற கருத்துரு மிக வலிமை அடைந்துள்ளது. ஒரு ஜிம்னோஸ்பெர்ம் ஒரு ஆஞ்சியோஸ்பெர்மாக மாற ஒரு சில பண்புகளில் மட்டும் மாற்றமடைந்தால் போதும் என்று இந்தக் கருத்துரு வலியுறுத்துகிறது. இவற்றில் முக்கியமான பண்பு விதைகள் பெற்றிருப்பது தான். *நீட்டம், சூகா, சூடோசூகா, ஏபிஸ், டொர்ரேயா* என்ற இன்று உயிர்வாழும் தாவரங்களிலும், கேய்டோனியேல்ஸ் என்ற

தொகுதியின் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களிலும், மகரந்தத்தூள் சூல்திசுவிற்கு (nucellus) (படம் 206A-C) அருகாமையில் முளைத்து மகரந்தக்குழாயை உருவாக்குகிறது என்பது ஒரு ஆஞ்சியோஸ்பெர்முக்கு நெருக்கமான ஒரு பண்பாகும் என்று ஒரு சிலர் கருதுகின்றனர். இதற்கு *பியூட்டோமாப்சிஸ்* என்ற பூக்கும் தாவரத்தில் சூலகத்தண்டின் உள்ளும், சூலகத்தின் உள்ளும், சூலின்மேலும் மகரந்தத்தூள்கள் பலசமயம் காணப்படுவதைச் சான்றாகக் காட்டுகின்றனர். இதேபோன்று ஒரு சில ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் நடைபெறும் இரட்டைக் கருவுறுதல் நிகழ்வையும் ஒரு முக்கிய சான்றாகக் காட்டுகின்றனர்.




படம் 206: *கேய்டோனியா*. A. இளம்கோப்பை. இதன் உதடும் (வளைந்த பகுதி) வாயும் காட்டப்பட்டுள்ளன. B. கோப்பையின் நீள்வெட்டு உள்ளே சூல்கள் அமைந்துள்ளன. C. *கேய்டோனியா* சூலின் சூல் துளையில் *கேய்டோனேந்தஸ்* வகை மகரந்தத்தூள்கள் காணப்படுதல். D. உண்மையான பல்கருத்தன்மை. *ஸ்கியடோபிடிஸ்*. பட உதவி: A-C. Harris; D. Buchholz

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களிலேயே *நீட்டம்* தாவரம் தான் பல ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் பண்புகளைப் பெற்றிருப்பதால் அதிலிருந்து ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் பரிணாமத்தின் போது தோன்றியிருக்கலாம் என்று ஒரு சில தாவரவியல் அறிஞர்கள் கருத்து தெரிவித்துள்ளனர். *நீட்டத்தில்* ஜிம்னோஸ்பெர்ம் பண்புகளும், ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் பண்புகளும் கலந்து காணப்படுகின்றன. நீட்டத்தில் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஒரு ஆய்வின் விளைவாக மொத்தமுள்ள 58 பண்புகளில் 60 விழுக்காடு பண்புகள் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களுடனும், 30 விழுக்காடு பண்புகள் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களுடனும் பகிர்ந்து கொள்ளப்படுவதாக அறியப்பட்டுள்ளது இங்கு குறிப்பிடத்தக்கது.

## IX. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் பொருளாதார முக்கியத்துவம்

ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் மிகுந்த பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. பல சிற்றினங்கள் அழகு தாவரங்களாகும், முக்கியத்துவம் வாய்ந்த கட்டைகளைக் கொடுக்கும தாவரங்களாகவும், உணவுப்பொருட்களை அளிக்கும் தாவரங்களாகவும் பயன்படுகின்றன.

### 1. அழகுத் தாவரங்கள்

சைகடேசி தாவரங்களான *சைகஸ், ஜாமியா* போன்றவையும், *ஜிங்கோ, கோனிஃபர்* தாவரங்களான *தூஜா, பையோட்டா, ஆரக்கேரியா, ஜூனிபெரஸ், பைனஸ், சீட்ரஸ், கிரிப்டோமேரியா, அகாதிஸ்* போன்றவைகளும் பூங்காக்களிலும், தோட்டங்களிலும் அழகு தாவரங்களாக வளர்க்கப்படுகின்றன. பல கோனிஃபர் தாவரங்கள் சாலையோரத் தாவரங்களாக வளர்க்கப்படுகின்றன. *ஜிங்கோ*வின் ஆண் தாவரங்கள் பெண் தாவரங்களைவிட பூங்காக்களில் வளர்க்க அதிகமாக விரும்பப்படுகின்றன. ஏனெனில் இதன் பெண் தாவரங்கள் (குறிப்பாக முதிர்ந்த சூல்கள்) பொறுத்துக் கொள்ள முடியாத நாற்றத்தை வீசுகின்றன. சைகடேசி தாவரங்கள் வெப்பமண்டில பூங்காக்களிலும், கோனிஃபர் தாவரங்கள் குளிர்மண்டில பூங்காக்களிலும் (மலைப்பிரதேசங்களிலும்) விருப்பப்பட்டு வளர்க்கப்படுகின்றன (எடுத்துக்காட்டாக *கூப்ரசஸ்* சிற்றினங்கள்). பல கோனிஃபர் தாவரங்கள் சீனா, ஜப்பான் போன்ற நாடுகளின் கோவில்களில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு வளர்க்கப்படுகின்றன. (எடுத்துக்காட்டுகள் *கேமேசைபாரிஸ்* சிற்றினங்கள், *சியடோபிட்டிஸ் வெர்டிசில்லேட்டா, தூஜா* சிற்றினங்கள், *தூஜாப்சிஸ் டோலபிரேட்டா* போன்றவை). இவற்றிற்கு புனிதத்தன்மை கொடுக்கப்பட்டு, வெட்டப்படுவது தடை செய்யப்பட்டுள்ளது. *கேமேசைபாரிஸ் அப்டுசா* வகை *காம்பேக்டா* மிகவும் அடர்த்தியாக வளரும் குட்டைத் தாவரமாகும்; இதேபோன்று *கேமேசைபாரிஸ் அப்டுசா* வகை *நானா*வும் அடர்த்தியான புதர் தாவரமாகும்; இவை இரண்டுமே பூங்காக்களில் அமைக்கப்பட்டுள்ள கற்களாலான பகுதியில் (Rockery) தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு வளர்க்கப்படுகின்றன, *ஏபிஸ், பைசியா, பைனஸ், சூடோசூகா, ஜூனிபெரஸ், ஆரக்கேரியா* ஆகியவற்றின் ஒரு சில சிற்றினங்கள் கிருஸ்துமஸ் மரங்களாக பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பல நாடுகளில *ஏபிஸ் பால்சாமியா*வும், *ஜூனிபெரஸ் விர்ஜினியானா*வும்

கிருஸ்துமஸ் மரங்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஜப்பான் போன்ற நாடுகளில் பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் தொட்டிகளில் போன்ஜாய் (bonsai) என்ற மிகக் குறுகிய மரங்களாக வளர்க்கப்படுகின்றன. இவற்றில் முக்கியமானவை *சைகஸ் ரிவல்யூட்டா,* பலபைனஸ், *ஜூனிபெரஸ்* சிற்றினங்கள், *கேமேசைபாரிஸ் அப்சோ, போடோகார்பஸ் நாகி* போன்றவையாகும்.

பல சைகடுகளின் இலைகள் (காயாத அல்லது உலர்ந்த) அலங்காரப் பொருட்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. *சைகஸ் ரிவல்யூட்டாவின்* இலைகள் பூஞ்செண்டுகள், மலர் வளையங்கள், தோரணங்கள் போன்றவற்றை உருவாக்கப் பயன்படுகின்றன.

**2. மரக்கட்டைகள்**

**அ. கட்டுமானக் கட்டைகள்**

பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் கட்டைகள் பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. இவை கட்டிட வேலைகளுக்கும், கதவுகள் சாளரங்கள் செய்வதற்கும், எழுது தாள்கள், அட்டைகள் தயாரிக்கவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பல ஜிம்னோஸ்பெர்ம் கட்டைகள் கோனிஃபர்கள், டேக்சேல்ஸ் தாவரங்களிலிருந்து பெறப்படுகின்றன. இத்தகைய கட்டைகளில் சைலம் நார்கள் அரிதாக இருப்பதாலும், இவற்றின் செல்லுலோஸ் அளவு அதிகமாக இருப்பதாலும் (அதாவது குறைவான லிக்னின் கொண்டவை) இக்கட்டைகள் இருவிதையிலைத் தாவரக் கட்டைகளைவிட மென்மையானவை. எனினும் லாரிக்ஸ் டெசிடுவா, *அகாதிஸ், டேக்சஸ்* போன்றவற்றின் கட்டைகள் அதிக கடினமானவை.

பெரும்பாலான கோனிஃபர் கட்டைகள் நேரான துகள்தன்மை (grains) கொண்டவை, வெளிரிய நிறம் கொண்டவை, அதிக எடையற்றவை, எடைக்குறைவாக இருந்தாலும் வலுவான தன்மையுடையவை. இக்கட்டைகளில் எளிதில் செதுக்கல் வேலைகள் செய்ய முடிகிறது; ஆணிகளை எளிதில் அடிக்க முடிகிறது; கூர்மையான கருவிகளின் உதவியோடு மிக நுண்மையான முடிவுப் பொருட்களாக மாற்ற முடிகிறது; எளிதில் மெருகேற்ற முடிகிறது; பூச்சுப் பொருட்களை

நன்கு ஏற்கிறது. இத்தகைய பண்புகளின் காரணமாக பல்வேறு மரப்பொருட்கள் செய்வதற்கு ஏற்றவை: மேஜைகள், நாற்காலிகள், தரை, உள் அலங்காரப் பொருட்கள், அலமாரிகள், இணைப்புக்கட்டைகள், படகுகள், கப்பல்கள், தூண்கள், இருப்புப் பாதை பலகைகள், அடுக்கு தாள் பலகைகள் போன்றவை. நன்கு செதுக்கிய பரப்புகளில் மிக அலங்கார வடிவ உருவங்களை இவற்றின் கட்டைகள் காட்டுவதால் அலங்கார மரப்பொருட்கள் செய்வதற்கு ஜிம்னோஸ்பெர்ம் கட்டைகள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மரக்கட்டைகளாகப் பயன்படுத்தப்படும் முக்கிய ஜிம்னோஸ்பெர்ம் மரங்கள் பின்வருபவன: (i) *அகாதிஸ்* (வலுவான, நிலைத்திருக்கக்கூடிய, வெளிர் மஞ்சள் முதல் மஞ்சள்–பழுப்பு நிறங்கொண்ட, ஒரே மாதிரியான, பளபளப்புப் பரப்பை கொண்ட கட்டைகள்) கட்டைகள் பியானோ செய்வதற்கும், செயற்கை கை, கால்கள் செய்வதற்கும், பழமை வாய்ந்த மரச்சாமான்கள் உருவாக்கவும், பிளைவுட் தாயாரிக்கவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (ii) *கேல்லிட்ரிஸ், கேமேசைப்பாரிஸ்* போன்றவற்றின் கட்டைகள் (மணங்கொண்டவை, அழகான பரப்பு உருவங்கள் காட்டுபவை, கரையான் தாக்காதவை) மரச்சாமான்கள் செய்வதற்கு பயன்படுத்தப்படுகின்றன. (iii) *கூப்ரசஸ், ஜுனிபெரஸ், தூஜா,* பைனேசி மரங்கள் (*லாரிக்ஸ், பைசியா, பைனஸ், சூடோசூகா*), *போடோகார்பஸ், கிரிப்டோமீரியா, டேக்சோடியம்* போன்றவற்றின் கட்டைகளும் அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஏனெனில் இவற்றின் பல சிற்றினங்களின் கட்டைகள் அதிக காலம் நிலைத்து உழைப்பவை, பரப்பில் அலங்கார உருவங்கள் பெற்றவை, மணம் கொண்டவை, கரையான் தாக்காதவை, வெளிரிய நிறங்கொண்டவை. பல்வேறு மரப்பொருட்கள், இசைக் கருவிகள், கதவுகள், சாளரக்கதவுகள், மேஜைகள், நாற்காலிகள், படகுகள், கப்பல் பகுதிகள், பென்சில்கள், விமானப் பொருட்கள், அடைப்புப் பெட்டிகள், வீட்டுக் கூறைகள், விட்டங்கள் போன்றவற்றை தயாரிக்க இக்கட்டைகள் பயன்படுகின்றன. ஒரு சிலவற்றின் மரக்கட்டைகள் நீரினால் பாதிப்படையாதவை.

### ஆ. எழுதுதாள்களும் அட்டைகளும் (Papers and boards)

தற்போது உலகின் 95 விழுக்காட்டுத் தாள்கள் கட்டைகளிலிருந்து தான் உண்டாக்கப்படுகின்றன. உலக நாடுகளின் எழுது தாள்கள்

உற்பத்தியில் பெரும் விழுக்காட்டை கொடுக்கும் USA, கனடா ஆகிய இரண்டு நாடுகளும் 85 விழுக்காட்டுத் தாள்களைக் கோனிஃபர் மரக்கட்டைகளிலிருந்து தான் உண்டாக்குகின்றன. கொடுக்கப்பட்ட கொள்ளளவில் அதிக விழுக்காட்டில் நீண்ட நார்களைக் கோனிஃபர் கட்டைகள் கொண்டிருப்பதால் எழுது தாள் உற்பத்திக்கு இக்கட்டைகள் மிகவும் ஏற்றவை. முதலில் கட்டைகள் கூழாக (அல்லது நார்த்தொகுப்பாக) வேதிய செயல்முறைகள் அல்லது அரைப்பு மூலம் மாற்றப்படுகின்றன. பின்பு லிக்னின் அகற்றப்பட்டு இக்கூழ் வெளிராக்கப்படுகிறது; இந்த வெளிர்ந்த கூழில் பெரும்பாலும் செல்லுலோஸ் இழைகள் மட்டும் காணப்படும். பின்பு இக்கூழிலிருந்து எழுதுதாள்களும், அட்டைகளும் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இத்தயாரிப்பில் பின்வரும் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களின் கட்டைகள் பெரிதும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன; *பைனஸ்* சிற்றினங்கள் [கிராஃப்ட் (Kraft) தாள்கள் தயாரிக்க, பைகள், முடுதாள்கள், தாள் அட்டைகள் தயாரிக்கப் பயன்படுகின்றன]; *பைசியா, ஏபிஸ், சூகா* (உயர் ரக எழுது, அச்சு தாள்கள் தயாரிப்பில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன); *பைனஸ், பைசியா, சூடோசூகா* (இவற்றின் கட்டைகள் வெப்ப, இரைச்சல் தடுப்பு அட்டைகள் தயாரிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன); *பைசியா, சூகா* போன்றவற்றின் கட்டைக் கூழ்களிலிருந்து ஒளிபுகும் மென்சுருள் (film) தாள்கள், ஒளிப்படச் சுருள்கள், செயற்கைப் பஞ்சுகள் (sponges), போன்ற சிறப்புப் பொருட்களும் தயாரிக்கப்படுகின்றன; *சிக்கோயா செம்பெர்வைரன்ஸ்* பட்டை நார்களிலிருந்து தயாரிக்கப்படும் தாள்கள் மின்கலத் தடுப்பிகளாகப் பயன்படுகின்றன.

### 3. பிசின்கள்

பிசின்கள் வேதியத் தன்மையில் வேறுபாடுகள் கொண்ட சிறப்பு வகை தாவரப்புறக் கசிவுப் (exudate) பொருட்கள் ஆகும். இவை டெர்பீன்களோடு அல்லது நறுமண எண்ணைகளோடு வேதியத் தொடர்பு கொண்டவை. இவை நீரில் கரையாதவை என்றாலும் தாவர எண்ணைகளிலும், ஆல்கஹால், ஈதர், கார்பன் டைசல்ஃபைடு போன்ற கரிம கரைப்பான்களில் கரையக் கூடியவை. இவற்றை வெப்பத்திற்கு உட்படுத்தினால், வெப்பநிலை உயர உயர, பிசின் சிறிது சிறிதாகக்

கரைந்து இவற்றிலுள்ள எளிதில் ஆவியாகும் எண்ணெய்கள் வடிக்கப்படுகின்றன.

பிசின்களைக் கொடுக்கும் உலகின் முக்கியத் தாவரங்களாக கோனிஃபர்கள் விளங்குகின்றன. பிசின்களிலுள்ள நறுமண எண்ணெய்கள் மெதுவாக ஆவியாகும் போது பிசின்கள் சிறிது சிறிதாக கடினமாகின்றன (hard resin). இதனால் இவை பெயிண்ட், பூசுப்பொருள் (Varnish), லேக்கர்கள் (lacquers), மருந்துத் தொழில்கள் போன்றவற்றில் அதிக முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன. தகுந்த கரைப்பான்களில் இவை கரைக்கப்பட்டு, கொடுக்கப்பட்ட பரப்பில் இவை பெயிண்ட் செய்யப்படுகின்றன; கரைப்பானும் இவற்றில் உள்ள நறுமண எண்ணெய்களும் ஆவியான பின்பு, பரப்பின் மேல் ஒரு மெல்லிய நீர்ப்புகா படலம் உண்டாகிறது. நீர்ப்புகா பூச்சுகள் கொடுப்பதற்கு பன்னெடுங்காலமாக பிசின் பொருட்கள் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்துள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, எகிப்தியர்கள் மம்மி (Mummy) எனப்படும் உயிர்ப்பிழந்த உடல்களின் மேல் பிசின் படலத்தை உண்டாக்கினர். பல கோனிஃபர்களில் பிசின் அதிக அளவில் [நறுமண எண்ணெய்களோடு அதிக அளவிலோ நறுமணப் பிசின்கள், (oleoresins)] அல்லது மிகச் சிறிய அளவிலோ (கடின பிசின்கள்) கலந்து காணப்படுகின்றன. வேறு சில தாவரங்களில் பிசின் கோந்துகளோடு (gums) கலந்து காணப்படுகிறது (எடுத்துக்காட்டு: *ஆரக்கேரியா*); இவ்விரண்டையும் எளிதில் பிரிக்க முடியாது.

**அ. கடின பிசின்கள்:** கடின பிசின்கள் பொதுவாக திடத்தன்மை கொண்டவை; ஏறத்தாழ ஒளிபுகும் தன்மையுடையவை; எளிதில் நொறுங்கக் கூடியவை. இவற்றில் குறைந்த அளவில் நறுமண எண்ணெய்கள் இருப்பதாலும் இவை எளிதில் ஆல்கஹாலில் கரையும் தன்மை கொண்டிருப்பதாலும் பூச்சுப்பொருள் (Varnish) செய்ய மிகச் சிறந்த மூலப்பொருட்களாகத் திகழ்கின்றன. இவற்றின் ஒரு சில பயன்கள் பின்வருமாறு: (i) அச்சுமைகள் தயாரிக்க, சிறப்பு வகை மைகளான பளபளப்பு மை, அழிக்க முடியாத மை, கிறுக்க முடியாத உணவு அட்டைப்பெட்டி (carton), இனிப்பு உறை, செல்லோஃபேன், சோப்பு உறை, (gravure) மைகள் போன்றவற்றைத் தயாரிக்க இப்பிசின்கள் உதவுகின்றன. இத்தகைய மைகள் எழுது தாள் தவிர்த்த இதர உறை

பரப்புகளின் மேல் அச்சடிக்க உதவுகின்றன. (ii) ஒட்டு பொருட்கள் (adhesives) தயாரிக்க (iii) வெடிகள் தயாரிப்புத் தொழிலில் (Pyrotechnics) பயன்படுகின்றன. (iv) லினோலியம் (linoleum) தயாரிப்பில் பயன்படுகின்றன.

**i. கோபால் பிசின்கள்:** மெக்சிகோவில் முதன் முதலில் கோபால் (Copal) என்று பெயரிடப்பட்ட பிசின் பல வகைத் தாவரங்களிலிருந்து பெறப்பட்ட ஒரு பெரிய பிசின் தொகுப்பாகும். இது வெவ்வேறு அளவு கடினத் தன்மை பெற்றது; அதிக உருகு புள்ளியைப் (melting point) கொண்டுள்ளது. ஓரளவுக்கு மென்மையான கோபால் பிசின்கள் குளிர்ந்த ஆல்கஹாலில் ஏறக்குறைய முழுவதும் கரையக் கூடியவை; கரைந்த நிலையில் நேரடியாக சாராய பூச்சுப் பொருளாக (Varnish) பயன்படக் கூடியவை. கடின வகை கோபால்கள் வெப்பத்தாக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்ட பின்புதான் உலர் எண்ணைகளில் கரையும் தன்மையைப் பெறுகின்றன. மூன்று அடிப்படை வகை கோபால்கள் உள்ளன; இவற்றில் இரண்டு வகைகள் கோனிஃபர்களிலிருந்து பெறப்படுகின்றன. *கௌரி கோபால் (kauri copal)*: இது *அகாதிஸ் ஆஸ்ட்ராலிஸ்* என்ற நியூசிலாந்து நாட்டு கோனிஃபர் தாவரத்திலிருந்து பெறப்படுகிறது. தற்போது வாழும் இடங்களிலிருந்தும் இந்த வகைப் பிசின் எடுக்கப்படுகிறது என்றாலும் இது பெருமளவு தொல்லுயிர் எச்சத் தன்மை கொண்டது; ஏனெனில் இவ்வகை கோபால் இத்தாவரம் ஒரு காலத்தில் வாழ்ந்த காட்டிலிருந்து பெருமளவு எடுக்கப்படுகிறது; பண்டைய *அகாதிஸ்* காடுகளின் சதுப்பு நிலங்களிலிருந்தும், மேட்டுப் பகுதிகளிலிருந்தும் தோண்டி எடுக்கப்படுகிறது; எடுக்கப்படும் ஒரு பிசின் கட்டி ஏறத்தாழ 45 கிலோகிராம் எடை வரை கொண்டதாக உள்ளது. உயிருள்ள மரத்திலிருந்து எடுக்கப்படும் பிசின், தோண்டி எடுக்கப்படும் பிசினை விட தரத்தில் மிகவும் குறைந்ததாகும். பூச்சுப்பொருள் (Varnish) தயாரிப்பில் இது மிகவும் சீரிய பங்காற்றுகிறது; குறிப்பாக இத்தகைய பூச்சுப்பொருள் கடலில் பயன்படுத்தப்படும் கட்டை, உலோகம் பொருட்களின் பரப்பிலும், புறவெளியில் வைக்கப்படும் பொருட்களின் பரப்பிலும் பூசத் தகுந்தது. இது தரும் பளபளப்பு மிகவும் உயர்ந்தது, பல காலம் நீடிக்கத்தக்கது. தரத்தில் குறைந்த கௌரி கோபல் லினோலியத் தயாரிப்பில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. *மனிலா கோபால் (Manila Copal):* மலேசியா முழுவதும் பரவிக் காணப்படும் *அகாதிஸ்*

*ஆல்பா* என்ற சிற்றினத்தில் இருந்து இவ்வகைக் கோபால் பெறப்படுகிறது. இத்தகைய பிசின் முதன் முதலில் மனிலா பகுதியிலிருந்து ஏற்றுமதி செய்யப்பட்டதால் இப்பெயர் வந்தது. இத்தாவரம் அதிக உயரப் பகுதிகளில் வளர்கிறது, அறியப்பட முடியாத காரணங்களினால் அங்கு பெறப்படும் பிசின் கடினமாகாததால், இந்த பிசின் Syrup கோபால் எனப்படுகிறது. மரத்திலிருந்து இந்த பிசின் இயற்கையாகவே வெளியே கசிவடைகிறது. அதிக அளவு காற்று வீசும் போதும், சூறாவளிகளின் போதும் மரத்தில் வெடிப்புகளும் கீற்றிடைவெளிகளும் தோன்றுகின்றன. இவ்வெடிப்புகளின் வழியாக பட்டைகளிலிருந்து பிசின் வெளியே கசிந்து 18 கிலோ கிராம் எடை வரை கொண்ட பெரிய தொகுப்புகளாக சேர்க்கையடைகிறது. மேலும், முறைப்படுத்தப் பட்ட பிசின் சேகரிப்பு முறைகள் மூலமும் பிசின் எடுக்கப்படுகிறது. பல ஆண்டுகளுக்கு முன்பு மண்ணில் கசிந்து சேமிப்புற்ற பிசின் கட்டிகளும் மண்ணிலிருந்து தோண்டி எடுக்கப்படுகின்றன. இவை தொல்பிசின்கள் (fossil resin) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இப்பிசின் எண்ணெய், சாராய பூச்சுப்பொருட்களிலும், பெயிண்ட்களிலும், லேக்கர்களிலும், லினோலிய தயாரிப்பிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மேலும் பிளாஸ்டிக், உலரிகள் (driers), ஒட்டுப் பொருட்கள், எண்ணெய்த் துணி, அச்சு மைகள், நீர் தடுப்பு அமைப்புகள் போன்றவற்றின் தயாரிப்பிலும் இந்த வகைப் பிசின் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

**ii. ஆம்பர் (amber):** தொல்லுயிர் எச்ச பிசின் வகையான இது நீரில் கரையாதது; ஆவியாகக் கூடிய கூறுகள் அனைத்தையும் இழந்தது; ஆக்சிஜனேற்றம் அடைந்தது. ஆம்பர் என்று பொதுவான சொல்லால் குறிப்பிடப்பட்டாலும், இவ்வகைப் பிசின் பல்வேறுத் தன்மைகளையும், வேதிய, இயல்பிய பண்புகளையும் பெற்றது. உலகின் பலப் பகுதிகளில் அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. ஆனால் பால்டிக் கடலோரப் பகுதிகளில் காணப்படும் ஆம்பர்தான் அதிக வணிகப் பயன் கொண்டது. வேதிய அடிப்படையில் இது இன்று உயிர் வாழாத கோனிஃபர் தாவரங்களிலிருந்து, முக்கியமாக *பைனஸ் சக்சினிஃபெரா* தாவரத்திலிருந்து, பெறப்பட்டதாகும். தொல்லுயிர் எச்ச பிசினாக இருப்பதால், ஆம்பர் மிகவும் கடினமானது, எளிதில் நொறுங்கக் கூடியது. மஞ்சள் பழுப்பு அல்லது சில சமயம் கருப்பு நிறத்தைப் பெற்றது. இது பல

வகைகளில் காணப்பட்டாலும், மிக முக்கிய வகை சக்சினைட் (succinite) வகையாகும். இதனை உராய்வு செய்தால், மிக அதிக அளவு மெருகுத் தன்மையையும், எதிர்மின் விசையையும் பெற்று ஒரு குறிப்பிடத்தக்க நறுமணத்தை வெளிப்படுத்துகிறது.

பண்டைய காலத்தில் ஆம்பர் மிக அதிக மதிப்புடைய பொருளாகக் கருதப்பட்டது. கிரேக்கர்களும், உரோமானியர்களும் இதனை நகைகளாகவும், மணிகளாகும், இதர அலங்காரப் பொருட்களாகவும் பயன்படுத்தினர். ஒரு சில மாயாஜால பண்புகளும் இதற்கு சுட்டப்பட்டன. தற்போது ஆம்பர் ஊதுகுழல்களின் வாய்ப் பகுதிகளாகவும், சிகரெட் தாங்கிகளாகவும், மருந்தாகவும், எக்ஸ்–கதிர் மருத்துவத்திலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது; ஆம்பர் கலன்களில் மனித இரத்தத்தை வைத்திருந்தால், இரத்தம் உறைவதில்லை. கருமை நிற வகை ஆம்பர் மிக மதிப்பு வாய்ந்த பூச்சுப்பொருள் (varnish ) உருவாக்க உதவினாலும், இதன் அதிக விலை பயன்பாட்டு அளவை பெருமளவு குறைக்கிறது. ஆம்பரில் சிக்கிய தொல்லுயிர்களான பூச்சிகள், நுண்ணுயிரிகள் போன்றவை பரிணாம நிகழ்வை விளக்க உதவுகின்றன; மேலும் இந்த உயிரிகளிலிருந்து டி.என்.ஏ. பிரித்தெடுக்கப்பட்டு, அந்த அடிப்படையிலும் பரிணாம நிகழ்வு ஆய்வு செய்யப்பட்டு வருகிறது,

**iii.சண்டராக் (Sandarac):** இது ஒரு வெளிர் மஞ்சள் நிற பிசினாகும். இப்பிசின் *டெட்ரகிளைனஸ் ஆர்டிகுலேட்டா* என்ற ஆப்ரிக்க தாவரத்திலிருந்தோ, ஆஸ்திரேலிய *கல்லிட்ரிஸ்* சிற்றினங்களுக்கு சிற்றினங்கள் பலவற்றிலிருந்தோ பெறப்படுகின்றது. பட்டையின் உள், வெளி அடுக்குகளுக்கு இடையே உண்டாக்கப்படும் இவ்வகைப் பிசின் சிறிய கண்ணீர் வடிவ அமைப்புகளாக வெளியே கசிகிறது. கடின, வெண்மையான, எளிதில் நொறுங்கக் கூடிய இப்பிசினிலிருந்து தயாரிக்கப்படும் சாராய பூச்சுப்பொருள், உலோகப் பொருட்களின் பரப்பில் பூசுவதற்கு மிகவும் ஏற்றது; அப்பரப்பிற்கு அதிக மெருகு ஏற்றுகிறது. தாள், தோல், கண்ணாடி, பீங்கான் போன்ற பொருட்களுக்கு இது சிறந்த பூச்சாக விளங்குகிறது. மேலும் ஒளிப்பட வேலைகளுக்குத் தேவையான லேக்கராகவும் செயல்படுகிறது, நறுமணப்புகை உண்டாக்கவும் இந்த பிசின் தகுந்தது. இது மாஸ்டிக் (mastic) (பிஸ்டேசியா மரங்களிலிருந்து கசியும் பிசின்), எலமி (elemi) (பர்சீரேசி தாவரங்களிலிருந்து பெறப்படும்

நறுமண பிசின்) போன்றவற்றுடன் கலந்து பெருமளவு பயன்படுத்தப்படுகிறது; குறிப்பாக பண்டைய ஓவியங்களை பாதுகாப்பதற்கு மாஸ்டிக் சண்டராக் பயன்படுகிறது. ஆல்கஹாலில் கரைக்கப்பட்ட சண்டராக் பருத்திக் கம்பளியுடன் சேர்ந்து பல் குழிகளை (dental cavities) தற்காலிகமாக நிரப்பப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

**ஆ. நறுமண பிசின்கள் (Oleoresins):** நறுமணப் பிசின்களில் மிக அதிக அளவு நறுமண எண்ணெய்கள் இருப்பதால், அவை பெரும்பாலும் நீர்ம நிலையில் உள்ளன. மேலும் குறிப்பிடத்தக்க நறுமணத்தைப் பெற்றவை. நறுமண எண்ணெய்களையும், பிசின்களையும் வாலை வடித்தல் (distillation) மூலம் பிரித்து விடலாம். கோனிஃபர்களிலிருந்து மட்டுமே பெறப்படும் டர்பெண்டைன் (turpentine) ஒரு வகை நறுமணப் பிசினாகும்.

*டர்பெண்டைன்:* பைன் தாவரங்களின் நறுமணப்பிசின் பைன் கோந்து அல்லது டர்பன்டைன் எனப்படுகிறது. இது ஒரு இழுவிசை (viscous) தன்மை கொண்ட, தேன் போன்ற நீர்மப் பொருளாகும். உயிருள்ள மரங்களின் பட்டைக்காயப் பகுதிகளிலிருந்து நறுமணப்பிசின்கள் பெறப்படுகின்றன. கசிவு மூலம் பெறப்பட்ட டர்பெண்டைனிலிருந்து வாலை வடித்தல் மூலம் நறுமண எண்ணெய்யும் (டர்பெண்டைன் சாராயங்கள்), ரோசினும் (rosin) [கோலோஃபோனி (colophony) என்றும் இது அழைக்கப்படுகிறது] பெறப்படுகின்றன. இந்த இரண்டுமே மிகவும் பயனுள்ள பொருட்களாகும். USA, பிரான்ஸ், ஸ்பெயின், பல ஐரோப்பிய நாடுகள், இந்தியா, கிழக்கு ஆப்ரிக்கா ஆகியவை டர்பெண்டைன் உற்பத்தியில் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. டர்பெண்டைன் கொடுக்கும் முக்கிய பைன் சிற்றினங்கள் *பை. பாலஸ்டிரிஸ், பை.கேரிபேயா, பை. டேடா, பை. பாண்டரோசா, பை. லாம்பெர்டியானா, பை. கன்டோர்டா, பை. பைனாஸ்டர், பை. ஹேலப்பென்சிஸ், பை. நைக்ரா, பை. பைனியா, பை. சில்வெஸ்டிரிஸ், பை. ராக்ஸ்பர்சிஜ, பை. மெர்கூசிஜ, பை. காசியா* போன்றவையாகும்.

டர்பெண்டைன் எண்ணெய் பல பயன்பாடுகளைக் கொண்டது. இது சிறந்த கரைப்பானாக இருப்பதால், பெயிண்ட், பூச்சுப்பொருள், தொழிற்சாலைகளில் மிக முக்கியமான நீர்மையாக்கியாக (thinner) பயன்படுகிறது. பருத்தி, கம்பளித்துணிகளின் மேல் அச்சு செய்யவும்,

நறுமணப் பொருட்களைத் தயாரிக்கவும், மருந்துத் துறையிலும், ரப்பர், குட்டா–பெர்ச்சா போன்றவற்றின் கரைப்பானாகவும் இந்த எண்ணெய் பயன்படுகிறது. ரோசின் மேலும் அதிக பயன்பாடுகள் கொண்டது. இதன் வகை, தரம் ஆகியவற்றைப் பொருத்து ரோசின் சோப்பு, பூச்சுப்பொருட்கள், பெயிண்ட் உலர்த்திகள், எண்ணெய்த்துணி, லினோலியம், மூடும் மெழுகு (sealing wax), ஒட்டுப் பொருட்கள், பிளாஸ்டிக் போன்றவற்றின் தயாரிப்பில் பயன்படுகிறது. தரம் உயர்ந்த ரோசின் தாள் பளபளப்பூட்டல், எனாமல்கள், மருந்து ஊடகப்பசை (ointment) போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது.

**i. கனடா பால்சம் (Canada balsam):** *ஏபிஸ் பால்சாமியா* தாவரத்தின் நறுமணப் பிசின் இதுவாகும். பட்டையில் உள்ள செல் அழிவு காரணமாக உண்டான நீண்ட, கால்வாய்களில் இந்த பிசின் உண்டாக்கப் படுகின்றது. உலகின் பெரும்பாலான உற்பத்தி கனடாவின் கூபெக் பகுதியில் உண்டாக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மரமும் ஏறத்தாழ 230–285 கிராம் அளவு கனடா பால்சத்தை உண்டாக்குகின்றது. கனடா பால்சம் ஒரு இழுவிசை கொண்ட, மஞ்சள் நிறமான அல்லது பச்சை நிறமான பொருளாகும். இது உலரும் போது துகள்களாவதில்லை, படிகங்களை உருவாக்குவதில்லை. இந்தப் பண்புகளும் கண்ணாடிக்கு இணையான இதன் ஒளிப்புகு தன்மையும் அதிக ஒளிவிலகல் எண்ணும் இதனை நுண்நோக்கியியலில் ஒரு பொதிப்பு ஊடகமாக (mounting medium) பயன்படுத்த ஏதுவாகின்றது. உருப்பெருக்கு வில்லைகளை ஒட்டும் ஊடகமாகவும் இது பயன்படுகிறது. இவற்றைத் தவிர சோப்பு தயாரிப்பில் நிலை நிறுத்திகளாகவும் (fixatives), நறுமணப் பொருட்கள் தயாரிப்பதற்கும், கொல்லோடியான் (collodion) போன்ற பல ஒட்டுபொருட்களில் ஒரு கூறாகவும் கனடா பால்சம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. *சூடோசூகா டேக்சிஃபோலியா, சூகா கேனடன்சிஸ்* போன்றவற்றின் நறுமணப்பிசின்களும் மேற்கூறிய பண்புகளைப் பெற்றுள்ளன.

**ii. வெனிஸ் டர்பென்டைன் (Venice turpentine):** இது *லாரிக்ஸ் டெசிடுவா* தாவரத்திலிருந்து பெறப்படுகிறது. இத்தாவரத்தின் பிசின் கால்வாய்கள் வைரக்கட்டைப் பகுதியில் காணப்படுகின்றன. எனவே, பிசினைச் சேகரிக்க மரத்தில் ஒரு ஆழமான துளை போடப்பட்டு அதன்

மூலம் கசியும் பிசின் சேகரிக்கப்படுகிறது. ஒரே ஒரு துளை மூலம் மரத்தின் வாழ்நாள் முழுவதும் பிசினைச் சேகரிக்கலாம். இதன் நறுமண பிசின் மஞ்சள் / பச்சை நிற நீர்மமாகும். இதற்கென்று தனிப்பட்ட மணமும், சுவையும் உண்டு. இது பூச்சுப்பொருட்கள், கால்நடை மருத்துவம், திசுவியல் (ஒரு வினைப்பொருளாக) போன்றவற்றில் பயன்படுகிறது.

**4. டேனின்கள்**

டேனின்கள் (tannins) குளுக்கோசைடு (glucoside) தன்மை வாய்ந்த, அமில வினைப்புரியக்கூடிய, துவர்ப்பான, கரிம வேதிப்பொருட்களாகும். பிராணிகளின் மேற்தோலில் உள்ள புரதங்களோடு இணைந்து ஒரு வலிவான, நெகிழ்வுத் தன்மை கொண்ட, தாங்கும் தன்மைகொண்ட, கரையாத, பதனிடப்பட்ட தோலை (leather) இவை உண்டாக்கவல்லன. இரும்பு உப்புகளுடன் இவை வினைபுரிந்து ஒரு அடர்நீல அல்லது பசுமைகலந்த கருப்பு வேதிப்பொருட்களை உண்டாக்கும் தன்மை கொண்டதால், மை தயாரிப்பில் இவை பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. துவர்ப்புத்தன்மை கொண்டிருப்பதால் மருந்துப் பொருட்களாகவும் டேனின்கள் திகழ்கின்றன. பெட்ரோலிய எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டும் போது மண்ணின் இழுவைத் தன்மையை (viscosity) கட்டுப்படுத்த டேனின்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. *சூகா கேனடென்சிஸ்* பட்டையில் 8–14% டேனின் உள்ளதால், இது டேனின் தொழிலில் பெருமளவு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இத்தாவரத்தைத் தவிர *லாரிக்ஸ் டெசிடுவா, பைசியா ஏபிஸ், ஃபில்லோகிளேடஸ் டிரைக்கோமனாய்டெஸ்* போன்ற ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்களிலிருந்தும் டேனின் பெறப்படுகிறது.

**5. நறுமண எண்ணெய்கள்**

பிசின் கால்வாய்கள் பெற்றுள்ள அனைத்து கோனிஃபர் தாவரங்களும் நறுமண எண்ணெய்களைக் கொடுக்கின்றன என்றாலும், அனைத்துத் தாவரங்களும் முக்கியத்துவம் கொண்டவையல்ல. இளம் கிளைகள், இலைகள், கட்டை, மரத்தூள் ஆகியவை அனைத்தும் நீராவி வாலை வடி நீராக்குதலுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு நறுமண எண்ணெய்கள்

பெறப்படுகின்றன. இந்த எண்ணெய்கள் துர்நாற்ற நீக்கிகள் (deodorants), அறை தெளிப்பான்கள் (room sprays), கிருமி நாசினிகள், குளியல் உப்புகள், நறுமணப்பொருட்கள், மருந்துகள் போன்றவற்றின் தயாரிப்பில் பயன்படுகின்றன. சிடார் கட்டை எண்ணெய் (cedar wood oil), சிவப்பு சிடார் கட்டை எண்ணெய் ஆகிய இரண்டும் திசுவியல் சோதனைக்கூடங்களில் தெளிவாக்கிகளாக (cleaning agents) பயன்படுத்தப்படுகின்றன; மேலும் நுண்நோக்கிகளில் எண்ணெய் முழ்கு வில்லைகள் (oil immersion lanser) செயல்படக்கூடிய எண்ணெய்களாகப் பயன்படுகின்றன. *ஜூனிபெரஸ் கம்யூனிஸ்* தாவரத்தின் நறுமண எண்ணெய் ஜின் (gin) போன்ற ஐரோப்பிய சாராயப்பொருட்களுக்கு நறுமணம் ஏற்ற உதவுகிறது. கேட் எண்ணெய் (oil of cade) *ஜூனிபெரஸ் ஆக்சிசீட்ரஸ்* என்ற தாவரத்திலிருந்து பெறப்படுகிறது. இது தோல் நோயை (eczema) நீக்க பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மேலும் இது மருத்துவ சோப்புகள் தயாரிக்கவும், விலங்குகளுக்கு ஏற்படும் வெட்டுக்கள், தோல் நோய்கள் போன்றவற்றை நீக்கவும் பயன்படுகிறது. சாவின் எண்ணெய் (oil of *Savin*) *ஜூனிபெரஸ் சபைனா* தாவரத்திலிருந்து பெறப்படுகிறது. இது முடக்குவாத நோய்களை தீர்க்கவும், புழுக்கொல்லியாகவும் பயன்படுத்தப்பட்டாலும், இதன் நாற்றமும், ஒவ்வாத விளைவும், நச்சுத்தன்மையும் இதன் பயனைப் பெரிதும் குறைக்கின்றன. *டாக்ரிடியம் ஃபிராங்க்லினி* தாவரத்திலிருந்து பெறப்படும் நறுமண எண்ணெய் நுண்ணுயிரி கொல்லியாகவும், கேசீன் (Caesin) போன்ற பொருட்களைப் பாதுகாக்கவும், பூச்சி கொல்லியாகவும் பயன்படுகிறது.

### 6. கொழுப்பு எண்ணெய்கள்

பல ஜிம்னோபெர்ம்களின் விதைகளில் கொழுப்பு எண்ணெய்கள் காணப்படுகின்றன. எண்ணெய் எடுப்பதற்கு பல விதைகள் கிடைப்பதில்லை. ஏனெனில், இவ்விதைகள் நேரடியாகவோ, வறுத்தோ உண்ணப்பட்டு விடுகின்றன. *மேக்ரோஜாமியா* விதைகளின் சதைப்பற்றான அடுக்குகள் அடர்ஆரஞ்சு நிற எண்ணெய்யைப் பெற்றுள்ளன; இந்த எண்ணெய் பனை குடும்ப எண்ணெய்யை தன்னுடைய இயற்பிய, வேதிய பண்புகளில் ஒத்துள்ளது. *செஃபலோடேக்சஸ் டுரூபேசியா* விதைகளின் கொழுப்பு எண்ணெய்

ஜப்பானில் விளக்கெரிக்கப் பயன்படுகிறது. *டொர்ரேயா நூசிஃபெரா* விதைகளில் இருந்து காயா–நோ–அபூரா (kaya-no-abura) என்றழைக்கப்படும் எண்ணெய் கிடைக்கிறது; ஜப்பானில் இது சமையல் எண்ணெயாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது; இது பெயின்ட் தயாரிப்பிலும் பயன்படுகிறது. *நீட்டம் உலா* விதைகளிலிருந்து பெறப்படும் எண்ணெய் (இது விதையில் 14.2% உள்ளது) தென்னிந்தியாவில் முடக்குவாதம் நீக்க பயன்படுகிறது; இது விளக்கு எரிக்கவும், சமையல் எண்ணெயாகவும் பயன்படுகிறது.

சல்ஃபேட் மரக்கூழ் தொழிலின் துணை வினை முடிவுப் பொருளாகப் பெறப்படுவது டால் எண்ணெய் (Tall oil) ஆகும். பைன் மரக்கூழ் ஆலைகளில் உண்டாக்கப்படும் கழிவுச் சாராயப்பொருள், தகுந்த மாறற்ங்களுக்குப் பின்பு, கசடு டால் எண்ணெயாக மாறுகிறது; கசடு எண்ணெய்யில் 20–60% கொழுப்பு அமிலங்களும், 10–60% பிசின் அமிலமும், 5–24% சேப்போனினாக (saponin) மாற்றமுடியாத பொருட்களும் (பெரும்பாலும் ஸ்டீரால்கள்) காணப்படுகின்றன. டால் எண்ணெய் பல வகைகளில் பயன்படுகிறது. இந்த எண்ணெயிலிருந்து உண்டாக்கப்படும் பொருட்களில் முக்கியமானவை: அஸ்பால்ட் பால்மங்கள் (asphalt emulsions), ஈரமாக்கும் முகவிகள் (Wetting agents), பிணைப்பிகள் (binders), சிமெண்ட் சேர்க்கை முகவிகள், நீர்ப்புகா முகவிகள், துளைப்பு எண்ணெய்கள் (boring oils), வெட்டு எண்ணெய்கள் (cutting oils), கந்தக எண்ணெய்கள் (sulphonated oils) போன்றவை. அனைத்து எண்ணெய்களை விட மிகக்குறைந்த விலையில் கிடைக்கும் கரிம எண்ணெய் டால் எண்ணெய் தான். இதிலிருந்து அபைடிக் அமிலம் (abietic acid), ஓலியிக் அமிலம், லினோலியிக் அமிலம், ஸ்டீரால்கள் போன்றவை பெறப்படுகின்றன.

### 7. உணவு சேர்க்கைப்பொருட்கள்

*சைகஸ்* பேரினத்தின் பல சிற்றினங்களின் (*சைகஸ் சர்சினாலிஸ், சைகஸ் பெக்டினேட்டா, சைகஸ் ரிவல்யூட்டா, சைகஸ் ரம்ஃபிஜ, சைகஸ் சயாமென்சிஸ்*) இளம். இலைகளும், நீட்டத்தின் இளம் இலைகளும் சமைக்கப்பட்டு காய்கறியாக உண்ணப்படுகின்றன.

தண்டின் பித், புறணி பகுதிகளிலும், விதையின் பெண் கேமீட்டகத் திசுவிலும் உள்ள தரசம் அத்திசுக்களிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு உணவாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பெரும்பாலான சைகடுகள் ஏறத்தாழ 7 வயதாகும் போது மிக அதிக அளவு தண்டுத் தரசத்தைக் கொடுக்கின்றன. புதிய இலைகள் உண்டாவதற்கு முன்பு தரசம் பிரித்தெடுக்கப்பட வேண்டும். ஆண் தாவரங்கள் பெண்தாவரங்களைவிட அதிக தரசத்தைக் கொடுக்கின்றன. தரச அளவு பருவத்திற்கு ஏற்ப மாறுபடும். ஏழாவது வயதில் மரம் வெட்டப்பட்டு தண்டின் உள் உருளைப் பகுதி மட்டும் தனித்தெடுக்கப்பட்டு, மெல்லிய, வட்ட சீவல்களாக வெட்டப்படுகிறது. பின்பு இவை பாய்களில் சூரிய ஒளியில் உலர்த்தப்படுகின்றன. நன்கு உலர்ந்து மொறுமொறு நிலையை அடைந்தவுடன் இந்தச் சீவல்கள் மாவாக இடிக்கப்பட்டு, சலிக்கப்பட்டு பின்பு நீருடன் சேர்க்கப்படுகின்றன. நீரில் கரைக்கப்பட்ட மாவு ஒரு பாத்திரத்தில் ஊற்றப்பட்டு, பாத்திரத்தின் அடியில் தரசம் முழுவதும் படியும் வரை வைக்கப்படுகிறது. மேலே உள்ள தெளிந்த நீர் வடித்தல் மூலம் நீக்கப்பட்டு, அடியில் படிந்த தரசம் அட்டைகளுக்கிடையில் உருட்டப்பட்டு ஜவ்வரிசியாக மாற்றப்படுகிறது. பெரும்பாலான தயாரிப்பாளர்கள் தரசத்தை தூளான மாவு வடிவத்தில் சேமித்து வைக்கின்றனர். பல்வேறு வகை ஜவ்வரிசிகள் (உருண்டை வடிவ, பவள வடிவ, உருளை வடிவ ஜவ்வரிசிகள்) உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. இந்த தரசம் ஏழை மக்களின் உணவாக இருப்பதால் தென், தென்கிழக்கு ஆசிய நாடுகள், நியூகலிடோனியா, இந்தோ–சைனா, மலேசியா, பர்மா, இந்தியா, ஸ்ரீலங்கா, பிஃஜிதீவுகள் போன்ற இடங்களில் பெருமளவு மக்களால் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

தண்டுகளைவிட விதைகளிலிருந்து தரசத்தைப் பிரித்தெடுப்பது மிகவும் செலவு குறைந்தது. மேலும் தண்டுகளிலிருந்து தரசத்தைப் பெற மொத்த மரத்தையுமே வெட்ட வேண்டியுள்ளது. ஒரு சைகஸ் தாவரம் ஆண்டு ஒன்றுக்கு ஏறத்தாழ 550 விதைகளை உருவாக்குகிறது. 1.25 மீ உயரமுள்ள தண்டிலிருந்து பெறப்படும் தரசத்தின் அளவுக்கு (ஏறத்தாழ 2.26 கிலோ கிராம்) இணையான அளவில் இவ்விதைகள் தரசத்தைக் கொடுக்கின்றன. எனினும், சைகஸ் தாவரத்தின் விதைகளும் தண்டும் நச்சுப் பொருட்களையும் கொண்டிருப்பதால், தரசத்தைப் பிரித்தெடுக்கும் போது நச்சுப் பொருட்களையும் அகற்ற வேண்டும்.

தென் ஆப்ரிக்காவின் பழங்குடி மக்கள் *என்செபலார்டோஸ்* தாவரத்தின் தண்டு பித் பகுதியிலிருந்து கஃபீர் ரொட்டியைத் (Kaffir bread) தயாரித்து உண்ணுகின்றனர். இத்தாவரத்தின் பித் பகுதி தனித்து பிரிக்கப்பட்டு மண்ணுக்குள் இரண்டு மாத காலம் புதைக்கப்படுகிறது. இதனால் திசு அழுகி விடுகிறது. பின்பு இப்பகுதி மண்ணிலிருந்து எடுக்கப்பட்டு நீரில் கழுவப்பட்டு பின்பு ரொட்டியாகத் தயாரிக்கப்படுகிறது.

வறுக்கப்பட்ட *ஜிங்கோ* விதைகள் சைனாவிலும் ஜப்பானிலும் விருந்துகளில் உண்ணப்படுகின்றன; இதனால் செரித்தல் அதிகமாகிறது, வைன் (Wine) விளைவுகள் குறைக்கப்படுகின்றன.

பைன் விதைகள் கொழுப்பும், புரதமும் நிறைந்தவை. பல சிற்றினங்களின் விதைகள் ஓரளவுக்குப் பெரிதாகவும், நல்ல மணமுடையதாகவும், உண்ணத் தகுந்ததாகவும் உள்ளன. உண்ணத் தகுந்த பைன் சிற்றினங்கள் பின்வருமாறு: *பைனஸ் பைனியே* (ஐரோப்பா), *பை. செம்ப்ரா* (ஐரோப்பா, சைபீரியா), *பை. ஆர்மாண்டி* (சைனா), *பை. ஜெரார்டியானா* (இந்தியா, ஆப்கானிஸ்தான்), *பை. செம்பிராய்டஸ், பை. எடுலிஸ், பை மோனோஃபில்லா, பை. சேபினியானா, பை. பார்ரியானா, பை. கவுண்டரி* (வட அமெரிக்கா) போன்றவை. கடந்த 2000 ஆண்டுகளாக வடக்கு மத்திய தரைக்கடல் பகுதிகளில் *பைனஸ் பைனியே* உணவுப் பொருளாக பயன்பட்டு வருவது குறிப்பிடத்தக்கது. இதன் விதை பிக்னோலியா (Pignolia) என்று இங்கிலாந்திலும், பினோன் (Pinone) என்று இத்தாலியிலும், பிக்னோன் (Pignon) என்று பிரான்ஸ் நாட்டிலும் அழைக்கப்படுகிறது. இத்தாலியில் இந்த விதைகள் பொதுவாக உணவுப்பொருட்கள் தயாரிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சாக்கலேட் தயாரிப்பாளர்கள் இவற்றை கோக்கோவுடன் கலந்து விற்கின்றனர்; இது மிகவும் விரும்பி உண்ணத்தக்க பொருளாக உள்ளது. ஆனால் பன்னெடுங்காலமாக இவ்விதைகள் சூப் (soup) தயாரிப்பில் தான் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்துள்ளன. நேரடியாகவோ, வறுத்தோ இவ்விதைகள் உணவுக்குப் பின் உண்ணப்படுகின்றன. வட அமெரிக்காவின் நவாஜோ இந்தியர்கள் *பைனஸ் எடுலிஸ்* விதைகளை முக்கிய உணவாகக் கொள்கின்றனர்.

ஆஸ்திரேலியாவின் குவீன்ஸ்லாந்து பகுதி பழங்குடி மக்கள் *ஆரக்கேரியா பிட்வில்லி* தாவரத்தின் பழுத்த விதைகளை உணவாக உண்ணுகின்றனர். இவர்கள் காட்டுக்குள் நீண்ட நேரம் பயணம் செல்ல தேவையான ஆற்றலை இவ்விதைகள் அளிக்கின்றன. இதே போன்று சிலி நாட்டு பழங்குடி மக்கள் *ஆரக்கேரியா ஆரக்கானா* விதைகளையும், பிரேசில் நாட்டு பழங்குடி மக்கள் *ஆரக்கேரியா ஆங்குஸ்டிஃபோலியா* விதைகளையும் உணவாகப் பயன்படுத்துகின்றனர். ஜப்பானில் *டொர்ரேயா நியூசிஃபெரா* தாவரத்தின் விதைகள் முக்கிய உணவுப் பொருளாகக் கருதப்படுகின்றன. *நீட்டம் உலா, நீட்டம் நீமான்* ஆகியவற்றின் விதைகளும் வறுத்தோ, வேகவைத்தோ உண்ணப்படுகின்றன. விதையின் பருப்பு பொடியாக்கப்பட்டு, பிஸ்கட் அல்லது ரொட்டிகளாக ஆக்கப்பட்டு, சூரிய ஒளியில் உலர்த்தப்பட்டு பின்பு எண்ணெயில் பொறிக்கப்பட்டு உண்ணப்படுகின்றன.

சர்க்கரைப் பைன் என்று அழைக்கப்படும் *பைனஸ் லாம்பெர்டியானா* தாவரத்தின் நெருப்புக்கு உட்படுத்தப்பட்ட அல்லது காயத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்ட வைரக்கட்டை (heart wood) பகுதியிலிருந்து ஒரு வகை சர்க்கரைப்பாகு கசிகிறது. இப்பாகு சர்க்கரைக்குப் பதிலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. *பைசியா ஏபிஸ்* தாவரத்தின் குச்சிகளிலிருந்தும் இலைகளிலிருந்தும் பிரித்தெடுக்கப்படும் ஒரு வகைச்சாறு நொதித்தல் (fermentation) நிகழ்வுக்குப் பின்பு ஸ்புரூஸ் பீர் (spruce beer) என்ற சாராயப் பொருளாக மாற்றப்படுகிறது.

**8. மருந்துப்பொருட்கள்**

மா–வுவாங் எனப்படும் *எஃபீட்ரா* சைனாவில் கடந்த 5000 ஆண்டுகளாக மருந்துப் பொருளாக சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்துள்ளது. மருந்து கொடுக்கும் முக்கிய *எஃபீட்ரா* சிற்றினங்கள் *எ. சைனிகா, எ. ஈக்குவிசெடினா, எ. இண்டெர்மீடியா, எ. ஜெரார்டியானா, எ. மேஜர்* போன்றவையாகும். *எஃபீட்ரா*வில் ஏறத்தாழ 0.5–0.2% ஆல்கலாய்டுகள் உள்ளன; இவற்றின் அளவு சிற்றினங்களுக்கேற்பவும், பருவங்களுக்கேற்பவும், தாவரத்தின் வயதிற்கேற்பவும் வேறுபடுகிறது. தாவரத்திற்கு ஏறத்தாழ நான்கு வயதாகும் போது ஆல்கலாய்டு அளவு மிக அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. காணப்படும் ஆல்கலாய்டுகளில் 30–

90% எஃபீட்ரைனும் (ephedrine)/ சூடோஎஃபீட்ரைனும் (pserdoephedrine) ஆகும். வாழ்வியல் பண்புகளிலும், வேதியியல் பண்புகளிலும் எஃபீட்ரைன் எபிநெஃப்ரைனை ( =அட்ரினலைன்) ஒத்துள்ளது. எனவே, இதன் விளைவு நரம்புத் தொகுதியில் காணப்படுகிறது. எஃபீட்ரடைன்கள் (ephedradines) என்ற ஆல்கலாய்டுகள் இரத்த அழுத்தத்தைக் குறைக்க உதவுகின்றன. *எஃபீட்ரா*வின் தண்டின் மருத்துவப் பண்புகள் வேரின் மருத்துவப் பண்புகளுக்கு நேரடி எதிரானவை. மெலிந்த நோயாளிகளில் காணப்படும் அதிக அளவு வியர்க்கும் தன்மையைக் கட்டுப்படுத்த வேர் பயன்படுத்தப்படுகிறது. *எஃபீட்ரா*வின் மா–வுவாங் என்ற மருந்துப் பொருள் காரமானது, கசப்பானது, வெப்பத்தன்மை கொண்டது. இது டைஃபாய்டு, ஜலதோஷம், வியர்வை உண்டாக்காத காய்ச்சல், உடல் வலி, மூச்சுத் திணறல் போன்றவற்றை நீக்க கொடுக்கப்படுகிறது. மேலும், இது வீக்கத்தையும் குறைக்கிறது, தடுக்கிறது.

மற்றொரு முக்கிய மருந்துப்பொருள் டேக்சால் (taxol) ஆகும். இது *டேக்சஸ் பிரவிஃபோலியா* என்ற தாவரத்தின் உலர்ந்த உள் பட்டையிலிருந்து எடுக்கப்படுகிறது. இதன் முக்கிய செயல் சூலக புற்றுநோயையும், மார்பகப் புற்றுநோயையும், நுரையீரல் புற்றுநோயையும், பெருங்குடல் புற்றுநோயையும் கட்டுப்படுத்துவதுதான். டேக்சால் ஒரு சிக்கலான டைடெர்பீன் ஆகும். டேக்சாலின் செயல் செல்பகுப்பில் பங்கேற்கும் நுண்குழல்களின் (microtubules) செயல்பாடுகளை பாதிப்பதுதான். செல் பகுப்பு தடுக்கப்படுவதால் புற்றுநோய் பெரிதாவது தடுக்கப்படுகிறது. தாவரத்தின் பட்டையில் காணப்படும் டேக்சாலின் அளவு மிகக் குறைவாகும் (ஏறத்தாழ 0.01% – உலர் எடையில்). எனவே ஒரு கிலோகிராம் அளவு டேக்சால் பெற 7000 கிலோகிராம் எடையான பட்டை தேவைப்படுகிறது. டேக்சால் கொடுக்கும் மற்ற சிற்றினங்கள் *டே. கஸ்பிடேட்டா, டே. கேனடென்சிஸ், டே. பக்கேட்டா டே. யுன்னானென்சிஸ், டே. சைனென்சிஸ், டே. குளோபோசா, டே. வல்லிச்சியானா, டே. ஃபுளோரிடானா* போன்றவை. எனினும், இவை வணிக அடிப்படையில் டேக்சாலைக் கொடுப்பதில்லை. எனவே *டே. பிரவிஃபோலியா*வின் செல்கள்/திசுக்கள் செயற்கைத் திசு வளர்ப்பு முறையில் வளர்க்கப்பட்டு அவற்றிலிருந்து டேக்சாலைப் பெறுவதற்கு முயற்சிகள் அதிகம் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன.

*சைகஸ், என்செஃபலார்டோஸ், மேக்ரோஜாமியா* போன்ற தாவரங்கள் காயப்படும் போது வெளிவரும் ஒரு வகை கோந்து குடற்புண்களைக் கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுகிறது. இது பாம்பு, பூச்சி போன்றவற்றின் கடிகளையும் குணமாக்கப் பயன்படுகிறது.

ஒரு சில சைகஸ் சிற்றினங்களின் தண்டு பித் ஆயுர்வேத மருந்துவத்தில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

## I. தொல் தாவரவியல் – ஓர் அறிமுகம்

### 1. முன்னுரை

**தொல் தாவரவியல்** என்பதற்கு சமமான ஆங்கில சொல்லான Palaeobotany–யில் இரண்டு பகுதிகள் காணப்படுகின்றன: ‘Palaeo’ என்றால் ‘தொன்மை’ அல்லது ‘தொல்’ என்ற பொருளும், ‘botany’ என்றால் தாவரங்களைப் பற்றிய அறிவியல் என்ற பொருளும் பெறப்படுகின்றன. எனவே Palaeobotany என்றால் தொல் தாவரங்களைப் பற்றிய அறிவியல் என்று பொருள். ‘தொன்மை’ அல்லது ‘தொல்’ என்ற சொல் சற்று தெளிவற்ற சொல்லாகும்; ‘தொல்’ என்பது எவ்வளவு ஆண்டுகளுக்கு முந்திய நிலையைச் சுட்டுகிறது என்று சரியாகக் கூற முடியாது. எனவே, **தொல்லுயிரியியல்** (Palaeontology) அறிஞர்கள் **தொல்லுயிர் எச்சம்** (fossil) என்ற சொற்றொடரை மில்லியன் ஆண்டைவிட பழமையான உயிரி/உயிரியின் எச்சத்திற்கு மட்டும் சுட்டுவதென கருத்தொருமித்துள்ளனர். ஒரு மில்லியன் ஆண்டுகளைவிட இளைய தாவர/உயிரிகளின் எச்சங்கள் பொதுவாக **தொல்லியலின்** (archaeology) கீழ் கருதப்படுகின்றன. எனவே, தொல்தாவரவியலை தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பற்றிய அறிவியல் என்று வரையறுக்கலாம்.

தொல்லுயிர் எச்சங்கள் என்றால் என்ன? தொல்லுயிர் எச்சத்தைச் சுட்டும் ஆங்கிலச் சொல்லான ‘fossil’ ‘தோண்டுதல்’ என்று பொருள்படும் கிரேக்க சொல்லான ‘fodere’ என்பதிலிருந்து பெறப்பட்டதாகும். எனவே, ‘fossil’ என்ற சொல் உண்மையில் புவியிலிருந்து தோண்டி எடுக்கப்பட்ட எந்தவொரு பொருளையும் சுட்டும். பெரும்பாலான தொல்லுயிர் எச்சங்கள் புவியிலிருந்து தோண்டி எடுக்கப்பட்டவை தான்.

பன்னெடுங்காலமாகவே தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் உலகின் பல்வேறுப் பகுதிகளிலிருந்து பெறப்பட்டு வந்துள்ளன. தொடக்கத்தில் அவை பெரும்பாலும் புதினப் பொருட்களாகத்தான் சேகரிக்கப்பட்டன. தற்காலத் தாவரங்களிலிருந்து வெவ்வேறு அளவுகளுக்கு வேறுபட்டு காணப்பட்டதால் தொல்லுயிர் எச்சங்களுக்கு சிறப்புத்தன்மைகள்

கொடுக்கப்பட்டன; பல தொல்லுயிர் எச்சங்கள் ஆன்மீகவியல் முக்கியத்துவம் பெற்றன. இறந்துபோன ஆன்மாக்களுக்கு மரியாதை கொடுக்கும் வகையில் இறந்து போனவரின் உடலோடு இவையும் புதைக்கப்பட்டன. எனவே, தொடக்கத்தில் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களின் முக்கியத்துவங்களும், தோற்றமும் (origin) அவற்றைச் சேகரித்தவர்களுக்குத் தெரியவில்லை.

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் ஜியார்சஸ் குவியர் (Georges Cuvier) (இவர் பிரான்ஸ் நாட்டு அருங்காட்சியகத்தில் தொல்உயிரியல் பேராசிரியராக இருந்தவர்) போன்றோர் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பற்றிய பல முக்கிய கருத்துருக்களையும், பல கண்டுபிடிப்புகளையும் பதிவு செய்தாலும் 19–ம் நூற்றாண்டில்தான் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பற்றிய அறிவியல் சிறப்படைந்தது. தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைப் பற்றிய ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட முறையில் ஆய்வுகள் 1828–ஆம் ஆண்டிலிருந்து தொடங்கியதெனலாம். இந்த ஆண்டில்தான் பிரான்ஸ் நாட்டு தொல்தாவரவியல் அறிஞரான அடோல்ஃபஸ் புரோக்னியார்ட் (*Adolphus Brogniart*) இருபெயரிடல் முறைப்படி தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களுக்கு பெயர்களைச் சூட்டத் தொடங்கினார். எனினும், தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரவியலுக்கு அதிக முக்கியத்துவம் கொடுப்பது 19–ஆம் நூற்றாண்டின் கடைசியிலிருந்து தொடங்கியது எனலாம். 1920 முதல் 1960 வரையிலான காலம் தொல்தாவரவியலின் "தங்க காலம்" எனப்படுகிறது. இந்தக் காலக்கட்டத்தில்தான் உலகின் அனைத்துப் பகுதிகளிலிருந்தும் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பற்றிய கணக்கற்ற புதியத்தகவல்கள் பெறப்பட்டன. பல புதிய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. தாவரப் பெருங்குடும்பத்தின் பரிணாமம் பற்றிய பல சிக்கலான பிரச்சனைகளுக்குத் தீர்வுகள் பெறப்பட்டன; பல புதிய பிரச்சனைகள் எழுப்பப்பட்டன.

நூலின் இப்பகுதியில் தொல்தாவரவியலின் தொடக்கக்கால வரலாறு பற்றியும், தற்போதைய நிலை பற்றியும், வருங்காலத்தில் இத்துறை எத்தகைய பிரச்சனைகளை எதிர்கொள்ள வேண்டியிருக்கும் என்பது பற்றியும் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

## 2. தொல் தாவரவியல் பற்றி அறிவதின் நோக்கங்கள்

எந்தவொரு அறிவியல் துறையைப் போன்றே தொல்தாவரவியல் துறையின் முதன்மைக் குறிக்கோள் மனித மனதின் அதிக அறிவைப் பெற வேண்டும் என்ற உந்துதல் தன்மைதான். தொல்தாவரவியல் அறிஞர்கள் கடந்தகால தாவர வாழ்க்கையின் வரலாற்றை மீளுருவாக்க தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இவர்களை 'தாவர வரலாற்று அறிஞர்கள்' எனலாம். வரலாற்று அறிஞர்கள் வரலாற்றை மீளுருவாக்க எவ்வாறு நூல்கள், பதிவுகள், கல்வெட்டுகள், புதைபொருள் ஆய்வுகள் போன்றவற்றிலிருந்து தரவுகளைப் பெறுகிறார்களோ அதைப் போன்றே தொல்லுயிர் எச்சத்தாவர அறிஞர்களும் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் தரும் தகவல்களின் அடிப்டையில் தொல்தாவர வரலாற்றை மீளுருவாக்குகின்றனர். பல்வேறு தாவர தொகுப்புகள் எந்தக் காலகட்டத்தில் எவ்வாறு இப்புவியில் தோன்றின என்பதை நிர்ணயம் செய்யவும் தொல் தாவரங்களும் அவற்றின் எச்சங்களும் பயன்படுகின்றன. புவி வரலாற்றுக் காலத்தில் தாவரங்கள் எவ்வாறு பரிணாமம் அடைந்தன என்பதை அறியவும் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பெரிதும் உதவுகின்றன. தாவர பரிணாமத்தைப் பற்றி நன்கு அறிய தற்போதைய தாவரங்கள் பற்றியும் அவற்றிற்கும் தொல் தாவரங்களுக்கும் இடையே உள்ள தொடர்புகள் பற்றியும் தெரிந்திருக்க வேண்டும். தொல் தாவரவியலின் மிக முக்கியப் பயன்பாடு பெட்ரோலியம், நிலக்கரி ஆகியவற்றின் இருப்பிடத்தையும், அளவையும் நிர்ணயம் செய்வதில் உள்ளது. எண்ணையும், நிலக்கரியும் உள்ள படிவ அடுக்குகளைக் கண்டறிய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் முக்கியக் கருவிகளாகத் திகழ்கின்றன. மேலும் பாறைகளின் புவியியல் வயதை நிர்ணயம் செய்யவும் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பயன்படுவதால், அவற்றைத் தகுந்த குறியீடுகளாகப் பயன்படுத்தலாம். இத்தகைய தொல்லுயிர் எச்சங்கள் **'குறியீட்டு தொல்லுயிர் எச்சங்கள்'** (index fossils) எனப்படுகின்றன. தொல்லுயிர் எச்சங்களின் மூலம் தொன்மைக்கால தட்பவெப்பநிலை, வானிலை (Palaeoclimate) பற்றி அறிய முடிகிறது. **தொல்தாவரப் புவிப்பரவலியல்** (palaeophytogeography) பற்றியும் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் சான்றுகள் பலவற்றை அளித்துள்ளன. இதற்கு மிகச்சிறந்த எடுத்துக்காட்டாக பெர்மோ–கார்பானிபெரஸ் (Permo-Carboniferous) காலத்தில் **கோண்ட்வானா** நிலம்

(Gondwanaland) இருந்தது என்பதும் அப்பகுதியில் காணப்பட்ட தாவரங்களின் எச்சங்கள் தற்போது ஆப்ரிக்கா, மடகாஸ்கர், தென்அமெரிக்கா, ஆஸ்திரேலியா, இந்தியா, அண்டார்டிகா போன்ற பகுதிகளில் உள்ளன என்பதையும் குறிப்பிடலாம்.

முன்னே விவரிக்கப்பட்ட குறிக்கோள்களை அடைய வேண்டிய முயற்சியில் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்கள் பல பிரச்சனைகளையும் தடைகளையும் எதிர்கொள்ள வேண்டியுள்ளது. நன்கு பாதுகாக்கப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் கிடைக்காமையும், அவற்றைப் பற்றிய முழுமையற்ற பதிவுகளும்தான் மிகப் பிரச்சனைகளாகத் திகழ்கின்றன. இதன் காரணமாக அவற்றின் சரியான பெயரையும், தொடர்பையும் அறிவதில் சிக்கல்கள் ஏற்படுகின்றன. மேலும் தொல்லுயிர்த் தாவரங்களின் மொத்த உடலமும் (அனைத்துப் பகுதிகளும்) முழுவதுமாகக் கிடைப்பதில்லை; தனித்தனி தாவரப்பகுதிகளாகத் தான் பெரும்பாலான தொல்லுயிர் எச்சங்கள் கிடைக்கப் பெறுகின்றன. தொல்லுயிர் தாவரவியல் அறிஞர்களுக்குச் சரியான அளவு புவியியல் அறிவு இருப்பதில்லை; இதனால் கள ஆய்வுகளில் சரியான முடிவுகளை அவர்களால் பலநேரங்களில் எடுக்க முடிவதில்லை.

### 3. தொல் தாவரவியலின் வரலாறு

தொல் தாவரவியலின் வரலாறு பற்றிய அனைத்து விவரங்களையும் அறிவது மிகக் கடினமான செயலாகும். அனைத்து விவரங்களையும் இந்நூலில் கொடுப்பது என்பதும் மிகவும் கடினமான செயலாகும். பல தொல்லுயிர் தாவரவியல் நூல்கள் வரலாற்றுத் தகவல்களைக் கொண்டுள்ளன. குறிப்பாக H.N. ஆண்டுரூஸ் (Andrews 1990) எழுதிய "The Fossil Hunters in Search of Ancient Plants" என்ற நூல் வரலாற்று விவரங்களை மிகச் சிறப்பான முறையில் தொகுத்து வழங்கியுள்ளது. பிரான்ஸ், பிரிட்டன், வடஅமெரிக்கா, முந்தைய சோவியத் கூட்டமைப்பு, ஐரோப்பிய நாடுகள், ஆசிய நாடுகள், ஆப்ரிக்கநாடுகள், ஆஸ்திரேலியா போன்ற நாடுகளில் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வுகள் பற்றிய முழுவிவரங்கள் இந்நூலில் எடுத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளன.

வரலாற்று விவரங்கள் மிகவும் அதிகமாக இருப்பதால், இந்தியாவில் தொல்தாவரவியல் தொடர்பான வரலாற்றுச் செய்திகள் மட்டும் இங்கே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

சோன்னராட் (Sonnerat 1782), வாரன் (Warren 1810) போன்றோர் முதன்முதலில் இந்தியாவில் காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பற்றிய ஆய்வினை வெளியிட்டனர். இவர்களைத் தொடர்ந்து பிராக்னியார்ட் (Brogniart 1828-1837) இந்தியாவின் ரானிகஞ்ச் நிலக்கரி சுரங்கங்களில் காணப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைப் பற்றிய முதல் விவரமான விவரிப்புகளைக் கொடுத்தார். சோவர்பி (Sowerby 1840) இந்தியாவில் காணப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்ச *கேரா* (*Chara*) பற்றிய விவரங்களைக் கொடுத்தார்.

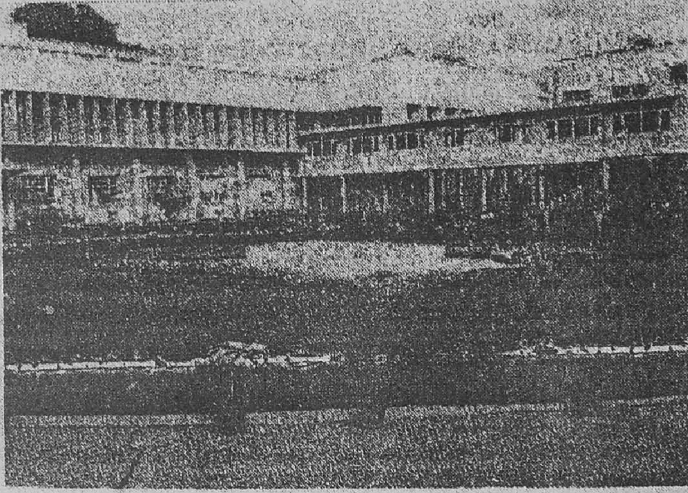
தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைப் பற்றி தொடர்ந்து ஆய்வுகள் மேற்கொண்டவர்கள் பிரிட்டனின் இயற்கை வரலாற்று அறிஞர்களும், இந்தியாவின் பிரிட்டன் ஆயுதப்படையைச் சேர்ந்தவர்களும், 1847–ஆம் ஆண்டு தொடங்கப்பட்ட Geological Survey of India நிறுவனத்தைச் சேர்ந்த புவியியல் அறிஞர்களும் தான். இவர்களில் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்கவர்கள் மோரிஸ் (Morris), மெக்கிளிலாண்டு (MeCleland), ஃபீஸ்ட்மான்டெல் (Fiestmantel), ஃபாக்ஸ் (Fox) போன்றவர்கள் ஆவர். இவர்கள் இந்தியாவின் கோண்ட்வானா பகுதியின் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத்தொகுப்பு பற்றிய பல விவரங்களைக் கொடுத்தனர் (மேலும் விவரங்களுக்கு பார்க்க பக்கம் …..).

எனினும் இந்தியத் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பற்றிய ஆய்விற்கான உண்மையான தொடக்கத்தையும், உந்துதலையும், ஊக்கத்தையும் கொடுத்தவர் பேராசிரியர் பிர்பால் சாஹ்னி (Birbal Sahni) ஆவார். இவர் தன்னுடைய ஆசிரியரான சர் ஆல்பர்ட் சார்லஸ் ஸ்டீவார்டு (Sir Albert Charles Steward) என்பவருடன் மேற்கொண்ட பல ஆய்வுகள் இந்தியக் கோண்ட்வானா பற்றிய பல விவரங்களை அறிய பெரும் உதவியாக இருந்தன. 1919–ஆம் லண்டன் பல்கலைக்கழகத்தில் D.Sc. பட்டம் பெற்ற பிர்பால் சாஹ்னி 1921–ஆம் ஆண்டு இந்தியாவின் லக்னோ பல்கலைக்கழகத்தில் சேர்ந்து தமது ஆய்வினைத் தொடர்ந்தார். இவருடைய முயற்சியால் 1946–ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் 10–ஆம் தேதி

லக்னோவில் Institute of Paleobotany தொடங்கப்பட்டது. இது இவரது இறப்பிற்குப் பின்பு (ஏப்ரல் 1949) Birbal Sahni Institute of Paleobotany என்று பெயர் மாற்றம் பெற்றது. இந்த நிறுவனத்தில்தான் சாஹ்னி பல புகழ்பெற்ற தொல்லுயிர் எச்ச தாவரவியல் அறிஞர்களுக்கு பயிற்சியளித்து வளர்த்தார். இவர்களில் குறிப்பிடத்தக்கவர்கள் சுக்லா (Shukla), சித்தோலே (Sitholey), S.D. சக்சேனா (Saxena), K.M. லிலே (Lele), D.D. பந்த் (Pant), K.R. சுரங்கே (K.R. Surange) D.C. பரத்வாஜ் (Bharadwaj), B.S. வெங்கடாசலா (Venkatachala), போஸ் (Bose), விஷ்ணு–மித்ரே (Vishnu-Mittre), T.S. மகாபலே (Mahabale), A.R.ராவ் (Rao), B.S. திரிவேதி (Trivedi) போன்றோர் ஆவர். இந்தியா முழுவதும் ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் சேகரிக்கப்பட்டன.

லக்னோவில் தொடங்கப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சத்தாவர ஆய்வு முயற்சிகள் இந்தியாவின் வேறுபல இடங்களுக்கும் பரவத் தொடங்கின. T.S. மகாபலே புனேவிலும், D.D. பந்த் அலகாபாத்திலும், A.K. கோஷ் கோல்கத்தாவிலும், சித்தோலே நாக்பூரிலும், ராமானுஜம் ஐதராபாத்திலும், அகாஷே கோல்காபூர் மற்றும் பங்களூருவிலும், A.R. குல்கர்னி மும்பையிலும் சீரிய ஆய்வுகளைத் தொடங்கினர். பர்த்வான், உட்கல், அசாம், பஞ்சாப், காஷ்மீர், சென்னை, ஜோத்பூர் போன்ற இடங்களிலும், Wadia Institute of Himalyan Geology–யிலும் பல ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. பாண்டிச்சேரியில் உள்ள French Institute, நாடெங்கிலும் உள்ள Geological Survey of India கிளைகள், ONGC ஆய்வகங்கள், புனேவின் Agarkar Research Institute, பல இந்திய பல்கலைக்கழகங்கள் போன்றபவற்றிலும் தொல்தாவரவியல் ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

இவை அனைத்தையும்விட Birbal Sahni Institute of Paleobotany (படம் 207) செய்துள்ள சேவை மிகவும் முக்கியமானவை. இங்கு மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வுகள் பிரிகேம்பிரிய பாறைகளிலிருந்து தற்கால பாறைகள் வரை உள்ள தொல்லுயிர் தாவரங்களை விவரித்துள்ளன. தொல்தாவரவியலின் அனைத்துத் துணைப்பிரிவுகளிலும் இங்கு ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. இந்த நிறுவனத்தின் முக்கிய ஆய்வுக் குறிக்கோள்கள் பின்வருமாறு:



படம் 207: பிர்பால் சாஹ்னி தொல்தாவரவியல் நிறுவனம். பட உதவி: Nagaraj and Sashikumar

(i) தொல் மகரந்தவியலை உள்ளடக்கிய தொல் தாவரவியலை அதன் அனைத்துத் தாவரவியல், புவியியல் விவரங்களையும் சேர்த்து வளர்த்தல்.

(ii) மற்ற துறைகளோடு இடைவினை செய்ய ஏதுவான அனைத்துத் தரவுகளையும் புதுப்பித்தல்.

(iii) மற்ற நிறுவனங்களோடு தொடர்பு ஏற்படுத்திக் கொண்டு தொடக்ககால உயிர், தொல்லுயிர் எச்ச எரிபொருட்கள், தாவரத்தொகுப்புகளின் இயக்கம் (vegetational dynamics), தட்பவெப்பநிலை முன்மாதிரிகள் உருவாக்கம் போன்றவற்றில் கூட்டு ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளுதல்.

(iv) தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைப் பற்றிய தகவல்களைத் தேவையானவர்களுக்கு அளித்தல்.

(v) தொல்தாவரவியல் தொடர்பான விவரமான படங்கள், விவரத் தொகுப்புகள், நூல்கள் வெளியிடுதல்.

(vi) உயிர்ப்படிமப் பாறையியல் பற்றிய விவரங்களைச் சேகரித்தல்.

## 4. புவியியலும் தொல்தாவரவியலும்

புவியியலும் (Geology) தொல் தாவரவியலும் மிகவும் நெருங்கிய தொடர்புடைய அறிவியல் துறைகளாகும். புவியியல், தொல்தாவரவியல் ஆகிய இரண்டு துறைகளின் பல கருத்துருக்கள், விவரங்கள், செயல்பாடுகள் போன்றவை ஒன்றுக்கொன்று நிரப்பீட்டுத்தன்மையைக் (complementary) கொடுக்கின்றன. புவியியல் புவியைப் பற்றிய அனைத்து விவரங்களையும் உள்ளடக்கிய அறிவியல் துறையாகும். புவியின் தோற்றம், வரலாறு, புவியில் காணப்படும் கனிமப் பொருட்கள், பாறைகள், நீர் போன்றவற்றை பற்றிய அறிவியல் துறை புவியியல் ஆகும். புவியியல் ஒரு இயக்கத்தன்மை (dynamic) கொண்ட அறிவியல் துறையாகும்; ஏனெனில் காலத்திற்கு ஏற்ப இயற்பியல் சூழல் காரணிகளின் விளைவால் புவியின் பரப்பு தொடர்ந்து மாற்றங்களை அடைந்து வருகிறது.

மற்ற அறிவியல் துறைகளைப் போன்றில்லாமல் புவியியல் அதன் முக்கிய செயற்களம் கடந்த காலமாக இருந்தாலும், புவியின் கடந்தகால, நிகழ்கால, எதிர்கால அமைப்புகள் பற்றிய அறிவியலாகும். இது தொடர்பாக ஜேம்ஸ் ஹட்டன் (James Hutton 1726-1797) உருவாக்கிய முக்கியக் கொள்கையைப் பற்றி நாம் அறிந்து கொள்ள வேண்டும். இக்கொள்கையைப் பின்வருமாறு எடுத்துக் கூறலாம்: “தற்போதய நிலை கடந்தகால நிலைமை அறிய மிக முக்கியமான திறவு ஆகும்” (The present is the key to the past). இக்கொள்கை Principle of Uniformitarianism என்று அழைக்கப்படுகிறது. இக்கொள்கையின்படி இன்று காணப்படும் புவியியல் நிகழ்வுகள் பன்னெடுங்காலமாகவே இப்புவியில் நிகழ்ந்து வந்திருக்கின்றன. எனவே புவியில் முன்பு நிகழ்ந்த நிகழ்வுகளைப் பற்றி நன்கு அறிந்துகொள்ள இன்று நடைபெறும் நிகழ்வுகளின் விவரங்களை நன்கு அறிந்தால் போதுமானது. இதேபோன்று, புவியில் வருங்காலத்தில் என்ன நிகழக்கூடும் என்பதையும் இக்கொள்கையைப் பயன்படுத்தி அறிந்து கொள்ளலாம். புவியின் இயற்பிய பண்புகளில் ஏற்படும் பல்வேறு மாற்றங்களின் காரணங்களை புவியியல் அறிஞர்கள் நிர்ணயம் செய்ய வேண்டும். அதாவது, காரண–விளைவு தொடர்பைப் பற்றி அவர்கள் விளக்கவேண்டும்; ஏனெனில் இது புவியியலில் மிகவும் அடிப்படையான

தேவையாகும். புவியியலிலும், தொல்தாவரவியலிலும் உள்ள முந்தைய ஆய்வுகளின் முடிவுகளை மிகவும் நுட்பமாகப் பார்க்கும்போது புவியியல் தொடர்பான காரண–விளைவு தொடர்புகளைச் சரியான முறையில் புரிந்து கொள்ள முடியாமல் போனதால் புவியியல் அறிஞர்களும், தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களும் திசைமாறி சென்றது, அதாவது தவறான முடிவுக்கு வந்தது, தெளிவாகும். தொல்தாவரவியலிலும் இதற்கு இணையான புவியியல் காலம் பற்றிய காரண–விளைவு தொடர்பு காணப்படுகிறது என்பது பின்வருபவனவற்றால் தெளிவாகும்: (i) தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் இருக்கும் பகுதிகள் தொடர்பாக தொல்தாவரவியல் அறிஞர்கள் முதலில் களஆய்வுகள் செய்கிறார்கள்; பின்பு அங்குள்ள தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைச் சேகரித்து, ஆய்வுசெய்து, அவற்றை அடையாளம் (= பெயரிடுதல்) கண்டு கொள்கின்றனர். இந்தச் செயல்முறையில் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்கள் முக்கியமாக விளைவு தொடர்பாக ஆய்வு செய்கின்றனர். (ii) பின்பு, அக்களங்களில் நிலவிய தொல் சூழ்நிலையியல், தொல்தாவரப் புவிப்பரவலியல் போன்றவற்றின் நிலைகளைப் புரிந்து கொள்ள முயற்சி செய்கின்றனர். இது காரணம் தொடர்பான ஆய்வு ஆகும்.

தொல்தாவரவியல் கடந்தகால தாவரங்களைப் பற்றியும் பழமையான தற்காலத் தாவரங்களைப் பற்றியும் விவரிக்கும் மிக முக்கியத்துவம் பெற்ற தாவரவியல் துறையாகும். பண்டைய காலத்தில் இருந்த தாவரங்களைப் பற்றிய சான்றுகளைத் தொடர்ந்து தொல்தாவரவியல் வல்லுநர்கள் தேடிக்கொண்டே இருக்கின்றார்கள்; இத்தேடலில் அவர்கள் தற்போதைய தாவரங்கள் பற்றி, ஒப்பு நோக்குவதற்காக, அறிந்து கொள்வது மிகவும் தேவையாகிறது. தாவர பரிணாமத்தில் உள்ள இடைவெளிகளை நிரப்ப வருங்காலத்திலும் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்கள் தொல்லுயிர் எச்சங்களைத் தொடர்ந்து தேட வேண்டியுள்ளது.

வேறு பல வழிகளிலும் புவியியல் தொல்தாவரவியலுக்கு பயனுள்ளதாகவும், மிகவும் தொடர்புடையதாகவும் அமைகிறது. பல தொல்லுயிர் எச்சங்கள் படிமப்பாறைகளில் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன; இவை தொல்லுயிர் எச்சத்தாங்கிப் பாறைகள் (fossiliferous rocks) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. எனவே, தொல்தாவரவியல்

நிபுணர்களுக்கு படிமப்பாறைகளை, வேறுவகைப் பாறைகளிலிருந்து பிரித்தறியத் தெரியவேண்டும். எனவே, **பாறையியல்** (Petrology) பற்றிய நல்ல அறிவு தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களுக்கு இருக்கவேண்டும். பாறையியலும், தொல்தாவரவியலும் நெருங்கிய தொடர்புடையவை. தொல்லுயிர் எச்சங்கள் படிமப்பாறைகளில் பாதுகாக்கப்படுவதற்கும், தொல்லுயிர் எச்சங்கள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன என்று அறிவதற்கும் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களுக்குப் புவியின் பரப்பிலும் உள்ளேயும் நிகழும் பல்வேறு புவியியல் நிகழ்வுகள் பற்றிய அறிவு தேவைப்படுகிறது. இத்தகைய நிகழ்வுகள் புவியியலின் துணைப்பிரிவான **இயற்பிய புவியியலில்** (Physical Geology) விவரிக்கப்படுகின்றன.

**வரலாற்றுப்புவியியல்** (Historical Geology) தொல்தாவரவியலில் பெரும்பங்கு வகிக்கும் இன்னொரு துணைப்பிரிவாகும். புவியின் தோற்றம், வரலாறு, பரிணாமம் ஆகியவை பற்றியும், புவியின் பரப்பில் அதை ஆக்ரமித்த மனிதர்கள், தாவரங்கள், விலங்குகள், நுண்ணுயிரிகள் போன்றவை ஏற்படுத்திய வரலாற்று மாற்றங்கள் பற்றியும் இத்துறை விளக்குகிறது. புவியின் வரலாற்றைப் பற்றி நன்கு அறிய புவியியல் காலம் சரியான முறையில் வகைப்பாடு செய்யப்பட வேண்டும். இதற்கு புவியியல் கால அட்டவணை உதவுவதால் இந்த அட்டவணைப் பற்றிய அறிவும் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களுக்கு மிகவும் தேவையாகிறது. பல்வேறு பாறைகள், அவற்றில் காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் ஆகியவற்றின் வயது எவ்வாறு நிர்ணயம் செய்யப்படுகிறது என்பது பற்றியும், ஒரு புதிய பாறையையும் அதன் தொல்லுயிர் எச்சங்களையும் பற்றிய சரியான கால நிர்ணயம் செய்யவும் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்கள் அறிந்து கொள்ளவேண்டும். படிமப்பாறையியல் (stratigraphy) புவியின் ஓட்டில் (earth's crust) பாறை அடுக்குகள் அமைந்துள்ள சரியான வரிசை பற்றி விவரிக்கிறது; இதுவும் வரலாற்றுப் புவியியலின் ஒரு பகுதியாகும். பாறை அடுக்குகளில் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ள விவரங்களின் அடிப்படையில் புவியின் கடந்தகால வரலாற்றை வெளிக்கொணருவதே படிமப்பாறையியலின் முக்கியக் குறிக்கோளாகும். படிமப்பாறையியல் கனிமங்கள், தொல்லுயிர்எச்ச எரிபொருட்கள் போன்றவற்றைகள் ஆய்வு செய்வதிலும் பயன்படுகிறது.

எனவே, தாவர உயிரின் தோற்றம், பல்வேறு தாவரத்தொகுதிகளின் தோற்ற வரலாறு, பரிணாம வரலாறு, பயன்பாடு போன்ற தொல் தாவரவியலின் பல்வேறு விவரங்களை நன்கு அறிந்து கொள்ள புவியியலின் பல்வேறு துணைத்துறைகள் பற்றிய அறிவு மிகவும் தேவையாகிறது.

## II. புவியின் வரலாறும், புவியியல் கால அளவுகோலும்

### 1. புவியின் வரலாறு

### 1. பிரபஞ்சம் மற்றும் சூரிய குடும்பத்தின் தோற்றம்

#### (அ) முகில் கோட்பாடு

இம்மானுவேல் காண்ட்டின் ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் இலாப்லாஸ் 1796ஆம் ஆண்டு சூரிய குடும்பத்தின் தோற்றம் குறித்து ஒரு கோட்பாட்டினை அவருடைய **Exposition du Systeme du Monde** என்ற நூலில் விளக்கியுள்ளார். இந்தக் கோட்பாடு பின்னர் முகில் கோட்பாடு (Nebular hypothesis) அல்லது காண்ட்–இலாப்லாஸின் முகில் கோட்பாடு என்று அழைக்கப்பட்டது. இந்தக் கோட்பாடு பின்வருமாறு: தொடக்கத்தில், சூரியன் ஒரு மிகப் பெரிய சுழலும் வளிமமுகிலாக தோன்றியது. அது சுழலும்போது அதன் வளிமம் சுருங்கியது. இதனால் அதன் சுழற்சி வேகம் மிகவும் அதிகமாகியது. அதனுடைய மைய ஈர்ப்பு விசையினால் அதன் வெளிப்புறமாக அமைந்துள்ள பருப்பொருளைத் தக்க வைத்துக்கொள்ள முடியாமல் போனதால் வெளிப்பகுதி மற்ற பகுதியிலிருந்து விடுபட்டு, சுருங்கி, தனிக் கோளாக மாறியது. சூரியனில் இதே நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நடைபெற்றதால் பல கோள்கள் பிரிந்து வந்தன. ஒவ்வொன்றும் தனித்தனி நீள்வட்டப் பாதையில் சுழலத் தொடங்கின. பின்பு சூரியனின் மைய ஈர்ப்பு அளவுக்கு அதன் பருப்பொருட்கள் குறைந்தவுடன் அதிலிருந்து மேலும் கோள்கள் பிரிவது நின்றது. இந்தக் கோட்பாட்டில் பல பிரச்சனைகளும், விடைகாண முடியாத வினாக்களும் அடங்கியுள்ளன என்றாலும், சூரிய குடும்பத்தின் தோற்ற வரலாறு பற்றிய முதல் கோட்பாடு என்ற பெருமை இதற்கு உண்டு.

#### (ஆ) பெருவெடிப்புக் கொள்கை

இந்தக் கொள்கையை உருவாக்கியவர் கமாவ் என்றாலும், இக்கொள்கைக்கு பெருவெடிப்புக் கொள்கை (Big Bang Theory) என்ற பெயரைச் சூட்டியவர் ஃபிரெட் ஹாயில் (Fred Hoyle) (1915–2001) ஆவர்.

பிரபஞ்சம் எவ்வாறு தொடங்கியது என்பது பற்றி விளக்கம் கொடுக்கும் வகையிலும் அது எவ்வாறு முடிவுறும் அல்லது முடிவுறுமா என்ற வினாக்களுக்கு விடை பகரும் முறையிலும் இக்கொள்கை அமைந்துள்ளது. பிரபஞ்சத்தின் பல்வேறு தனிமங்கள் ''இயலுலக முட்டை'' (Cosmic egg) அல்லது ''மேன்மை அணு'' (Superatom) வெடிப்பதிலிருந்து தோன்றுவதற்கான சூழல் முதலில் எவ்வாறு காணப்பட்டது என்பதை இக்கொள்கை விளக்க முற்பட்டுள்ளது. பிரபஞ்சத்தின் விரிவு 10 முதல் 15 பில்லியன் வருடங்களுக்கு முன்பு தொடங்கியிருக்க வேண்டும் என்று இக்கொள்கை நம்புகிறது. பெருவெடிப்பு (big bang) வெளியில் (space) ஏற்பட்ட வெடித்தல் அல்ல என்றும் வெளியும் நேரமும் (space and time) வெடித்தலினால் ஏற்பட்டவை என்பதையும் இக்கொள்கை வலியுறுத்துகிறது. அதாவது வெளியும் நேரமும் முதலில் இல்லை என்றும் பெருவெடிப்புக்குப் பின்பு தான் இவை இரண்டுமே தோன்றின என்றும் இக்கொள்கை தெளிவுபடுத்துகிறது. கடந்த 100 ஆண்டுகளுக்குள் காணப்பட்ட மூன்று முக்கிய நிகழ்வுகள் தான் பெருவெடிப்புக் கொள்கையை உருவாக்க உதவி புரிந்தன. அவையாவன: (i) பிரபஞ்சத்தின் விரிவு (ii) பிரபஞ்சத்தில் ஹீலியம் போன்ற மிக ''இலேசான'' தனிமங்கள் அதிகமாகக் காணப்படுவது, மற்றும் (iii) 1965ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட இயலுலக கதிரியக்கம் (இது பிரபஞ்சத்தின் எல்லாப் பகுதிகளிலுமிருந்தும் புவிநோக்கி வருவது). நான்கும், அதற்கும் குறைவான அணு எண் உடைய இலேசான தனிமங்கள் பிரபஞ்சத்தின் தொடக்கத்திலும், கனமான தனிமங்கள் பின்பும் வானியல் நிகழ்வுகள் மூலம் தோன்றின என்றும் பெருவெடிப்புக் கொள்கை வலியுறுத்துகிறது. ஆர்னோ பென்சியாஸ் மற்றும் இராபெர்ட் வில்சன் ஆகிய இருவரும் 1965ஆம் ஆண்டு மேற்கொண்ட ஆய்வுகள் இக்கொள்கையை ஆதரித்தன. [இந்த இருவருக்கும் 1978ஆம் ஆண்டுக்கான இயல்பியல் நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது].

**(இ) ஒரே சீரான நிலைத் தன்மையுடைய பிரபஞ்சக் கொள்கை**

பிரிட்டனைச் சேர்ந்த ஃபிரெட் ஹாயில், ஆஸ்திரியா நாட்டு ஹெர்மான் போண்டி தாமஸ் கோல்டு (Thomas Gold) ஆகியோர் சேர்ந்து இக்கொள்கையை உருவாக்கினர். இவர்களின் கூற்றுப்படி பிரபஞ்சம் சீரான நிலைத் தன்மையுடையது (steady state). பிரபஞ்சத்தில்

பருப்பொருட்கள் தொடர்ந்து உருவாக்கப்பட்டு அவற்றின் மூலம் பிரபஞ்சத்தின் விரிவு நடைபெறுகிறது. நட்சத்திரக் குழுமங்கள் தொடர்ந்து நம்மை விட்டு விலகுவதாக ஹப்பில் (Hubble) கண்டுபிடித்தது இக்கொள்கைக்கு அடிப்படையாக விளங்கியது.

## 2. புவியின் தோற்றமும், புவியியலும்

சூரிய குடும்பத்தில் உயிரினங்கள் வாழ்வதற்கான சூழலைக் கொண்ட ஒரே கோள் புவிதான். 1957–இல் ஏவப்பட்ட ஸ்புட்னிக்–1 முதல் கணக்கற்ற விண்வெளிக் கலங்கள் புவியைப் பற்றி வலம் வந்து, புவியைப் பற்றிய கணக்கற்ற விவரங்களை அளித்துள்ளன. புவி சூரியனைக் கடிகாரத்திற்கு எதிர்புற திசையில் சுற்றிவர ஒரு முழு சுற்றுக்கு 365.25 நாட்கள் ஆகின்றது (= ஒரு வருடம்). புவியின் அச்சின் திசை நிலையாக அமையாமல் 26000 வருடங்களுக்கு ஒரு முறை ஒரு முழு சுழற்சியைப் பெற்றுள்ளது. புவியின் உள் மையப்பகுதியின் (core region) வெப்பநிலை 6000°C ஆகும். உள்மையப் பகுதி நிக்கல், இரும்புக் கலவையால் ஆனது; இப்பகுதியின் உள்ளடுக்கு திண்மமானதாகவும் வெளி அடுக்கு நீர்மமானதாகவும் உள்ளன. உள்மையப் பகுதியைச் சுற்றி மூடி அடுக்கும் (mantle), அதைச் சுற்றி 5.40 கி.மீ. தடிப்புள்ள புவி ஓடும் (crust) உள்ளன.

புவியின் வயது தொடர்பான அறிவியல் சர்ச்சைப் பற்றி இங்கு குறிப்பிட வேண்டும். மறுமலர்ச்சி காலம் வரை சர்ச் மற்றும் பைபிளின் சக்தி வாய்ந்த தாக்கத்தால் புவியின் வயது பற்றி மக்கள் எந்தவித சிந்தனையிலும் ஈடுபடவில்லை. பைபிளின் கூற்றுப்படி உலகம் கடவுளால் படைக்கப்பட்டது என்ற கருத்தும், பைபிளில் கூறப்பட்ட நோவாவின் வெள்ளம் பற்றிய நிகழ்ச்சியும் மக்கள் மனதில் அழியா இடம் பெற்றிருந்தன. இக்கருத்து 18–ஆம் நூற்றாண்டு வரையிலும்கூட பெரும்பாலும் ஏற்கப்பட்டு வந்தது. ஆனால், இதில் இருந்த முக்கியச் சிக்கல் என்னவென்றால், புவியின் இயற்பியல் கூறுகள் அனைத்துமே 4000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே ஏற்பட்டு விட்டதற்கான சான்றுகளைப் பெற்றிருந்தன. புவியின் பாறைகளும், தொல்லுயிர் எச்சங்களும் (fossils) மில்லியன் வருடங்கள் பழமையாக இருக்கும்போது, புவி மட்டும் எவ்வாறு 4000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு தோன்றியிருக்க முடியும்? இதனை வலியுறுத்தும் வகையில் பூஃபன் (1707–1788), **Histoire naturelle**

(=இயற்கையின் வரலாறு) என்ற தலைப்பில் 44 தொகுதிகளை 1749–ஆம் ஆண்டு முதல் தொடர்ந்து வெளியிட்டார். இந்தப் படைப்பில் இடம் பெற்றவற்றில் மிக முக்கியமான கூற்று என்னவெனில் "புவியின் பொது வரலாற்றுக் காலம், புவி உண்டாக்கியுள்ள பொருட்களின் வரலாற்று காலத்தைவிட அதிகமாக இருக்க வேண்டும்''. புவியியல், உயிரியல் நிபுணர்களான லயல் (Lyell), டார்வின், ஹட்டன் (Hutton) போன்றவர்கள் புவியின் வயது ஏறத்தாழ 300 மில்லியன் ஆண்டுகள் என்ற கருத்துக்கு வந்தனர். ஆனால் கெல்வினும் (Kelvin) ஹெல்ம்ஹோட்ஸும் (Helmholtz) புவியின் வயது 20 முதல் 22 மில்லியன் ஆண்டுகளை மிகாது என்று கூறினர். புவி மற்றும் சந்திரனின் பழங்காலப் பாறைகளில் மேற்கொள்ளப்பட்ட கதிரியக்க வயது நிர்ணய முறைப்படி (Radio-metric dating) நம்முடைய சூரிய குடும்பத்தின் (புவி உட்பட) வயது 4.6 முதல் 5 பில்லியன் வருடங்களாகும்,, இதுவே புவியின் சரியான வயதாகும்.

1908–க்கும் 1912–க்கும் இடைப்பட்ட நான்கு ஆண்டுகளில் ஜெர்மன் நாட்டுப் புவியியல் வல்லுநரான ஆல்பிரெட் இலோதர் வெஜினர் (Alfred Lothar Wegener) என்பவர் புவியின் கண்டங்கள், பன்னெடுங்காலமாகவே, ஒன்றிலிருந்து ஒன்று விலகி, நகர்ந்து, பின்பு மீண்டும் ஒன்றோடு ஒன்று மோதிக் கொள்வதாகக் கருதினார். இந்த மோதலின் விளைவாக ஏற்படும் படிமங்களின் குவியல், மடங்கிய தொட்டிகள் (folded troughs) போன்ற புவியில் காணப்படும் மலைப்பகுதிகளை ஏற்படுத்தின. இக் கருத்து கண்டங்களின் விலகல் (continental drift) கொள்கை என்று அழைக்கப்பட்டது. இன்று ஒரு கண்டத்தின் விளிம்புகளை உற்று நோக்கினால் அவை மற்றொரு கண்டத்தின் விளிம்புகளோடு இறுக்கமாக இணையக் கூடியதாக அமைந்திருப்பது, கண்ட விலகல் கொள்கைக்கு ஆதரவாக இருக்கிறது. இன்று பிரிந்திருக்கும் கண்டங்களில் இறந்த மற்றும் உயிரோடு இருக்கும் ஒரே சிற்றினங்கள் காணப்படுவதும் இக்கொள்கைக்கு முக்கிய சான்றாகும்.

1950 முதல் 1960–ஆம் ஆண்டுகளுக்கு இடையில், மாக்கடலின் படுகைப்பகுதி உட்பட்ட புவியின் புற ஓடு (crust), பல பெரிய ஓட்டுத் தகடுகளாக (tectonic plates) பிரிந்திருக்கிறது என்று அறிவியல் அறிஞர்கள் முடிவுக்கு வந்தனர். இக் கருத்துக்கு ஹாரி ஹெஸ் (Harry

Hess) என்ற கொலம்பிய பல்கலைக்கழகப் பேராசிரியர் உட்பட பலரின் ஆய்வுகள் துணையாக இருந்தன. ஹாரி ஹெஸ் அவர்களின் "கடல் படுகை விரிவு'' (Seafloor spreading) கொள்கையும், வெஜினரின் "கண்டங்களின் விலகல்''(continental drift) கொள்கையும் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு "தகடுக் கூட்டமைப்பு''(Plate tectonies) கொள்கையாக உருவாக்கப்பட்டது. புவியின் புற ஓட்டுப் பகுதியின் தகடுகள் மெதுவாக இடம் பெயருவதற்குக் காரணம் அவற்றின் அடியில் அமைந்த 30 முதல் 80 மைல்கள் ஆழமுள்ள நீர்மநிலை அடுக்குதான் என்றும், இதன் காரணமாகத் தான் புற அடுக்கின் தகடுகளின் மேல் அமைந்துள்ள கண்டங்கள் இடப்பெயர்ச்சி அடைகின்றன என்றும் இக்கொள்கை தெரிவிக்கிறது. அவ்வாறு இடப்பெயர்ச்சி அடையும் தகடுகள் ஒன்றின் மேல் ஒன்று மோதும்போது, மோதும் பரப்பில் தரைஉயர எழும்பி மலைகள் உருவாகின்றன; தகடுகளுக்கு இடையில் ஏற்படும் இறுக்கங்களால் பூகம்பங்களும், இடமுறிவுக் கோடுகளும் (fault lines), சில சமயம் கடலில் பேரலைகளுடன் (tsunamis) ஏற்படுகின்றன. கடலடிப் பள்ளங்களும் பெரிய விரிசல்களும் இத்தகடுகள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று விலகுவதால் ஏற்படுகின்றன. 1980–ஆம் வருடத்திற்குள் இக்கொள்கை எல்லோராலும் ஏற்கப்பட்டுவிட்டது. முதலில் கொடுக்கப்பட்ட ஆதாரங்களைத் தவிர LAGEOS போன்ற செயற்கைக் கோள்கள் கொடுத்த தகவல்களும், லேசர் (laser) அளவீடுகளும் இக்கொள்கைக்கு மேலும் ஆதாரங்களைக் கொடுத்தன. தற்போதைய விவரங்களின்படி இந்தத் தகடுகள் ஒரு வருடத்திற்கு ஏறத்தாழ ஒரு அங்குலம் இடப்பெயர்ச்சி தற்போதும் அடைந்து வருகின்றன.

### 3. புவியியல் கால அட்டவணை

புவியின் வெவ்வேறு வரலாற்றுக் காலங்களைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளும்முன் **புவியியல் தம்பம்** (geologic column) என்பதைப் பற்றி தெரிந்து கொள்ளவேண்டும். புவியின் ஓட்டில் உள்ள பாறைகளின் மிகவும் பழமையானதிலிருந்து மிக இளமையானது வரை உள்ள வெவ்வேறு அடுக்குகளின் வரிசைதான் புவியியல் தம்பம் எனப்படுகிறது. புவியியல் தம்பத்தின் முக்கிய அலகுகள் 1800 மதல் 1840 வரையிலுள்ள ஆண்டுகளுக்குள் சேர்க்கப்பட்டன என்றாலும் இதற்கான பின்புல

விவரங்கள் பதினேழு, பதினெட்டு ஆகிய இரண்டு நூற்றாண்டுகளில் வாழ்ந்த அறிஞர்களால் உண்டாக்கப்பட்டன.

இயற்கையைப் பற்றிய அறிவுசார் கருத்துக்களும், தொல்லுயிர் எச்சங்களின் முக்கியத்துவமும் இயற்கையியல் அறிஞர்களுக்குப் பலகாலம் சரியாகப் புரியவில்லை. கடந்த 2000 ஆண்டுகளுக்கும் மேலாக மனிதனுக்குத் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பற்றி தெரிந்திருந்தாலும், முதலில் அவை புதினப் பொருட்களாகச் சேகரிக்கப்பட்டன; மாய வித்தைகளிலும், ஆன்மீகச் சடங்குகளிலும், பழங்குடி மருத்துவத்திலும் பயன்படுத்தப்பட்டன. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் முன்பு வாழ்ந்த உயிரிகளின் எச்சங்கள் தான் என்பது தெளிவாக நிரூபிக்கப்பட்டு விட்டன. இதைத் தொடர்ந்து தொல்லுயிர் எச்சங்களோடு தொடர்புடைய பல்வேறு பாறைகள் பற்றி பலர் ஆய்வுகள் மேற்கொண்டனர். இது தொடர்பாக நிக்கோலாஸ் ஸ்டீனோ (Nicolas Steno) [= நீல் ஸ்டென்சென் (Neil Stenson) (1638–1687)] மேற்கொண்ட ஆய்வுகள் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. தன்னுடைய வாழ்நாளில் பெரும்பகுதியை இத்தாலியில் செலவழித்த இவர் வரலாற்று புவியியலின் அடிப்படைக் கருத்துருக்களில் மிகவும் முக்கியமான கருத்துருவான "அடுக்குகள் ஒன்றின்மேல் மற்றொன்று படிதல்" ("superposition of strata") என்பதை உருவாக்கினார். இதன் அடிப்படையில் தோன்றியதுதான் "மேற்படிதல் விதி" ('Law of superposition'). இவ்விதியின்படி மாற்றத்திற்கு உட்படாத எந்தவொரு படிம பாறையின் அடுக்கத்திலோ, பரப்பின்மேல் படிந்த தீக்குழம்பு போன்ற பொருளிலோ, பாறையின் ஒவ்வொரு படுகையும் (bed) அதன்கீழ் உள்ள படுகையை விட இளமையானது, அதன்மேல் உள்ள படுகையைவிட வயதானது. படிமங்களின் தொடர்ச்சியை விளக்கும்போது ஒருதிடமான அடிப்பரப்பின் (base) மேல்தான் ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்குபடிமம் படியும் என்று ஸ்டீனோ எடுத்துரைத்தார்; எனவே, கீழே உள்ள பாறை அடுக்கு திடமான பின்புதான் அதன்மேல் இன்னொரு அடுக்கு படிமம் படிய முடியும். இந்த அடிப்படையில் பார்க்கும் போது எந்த ஒரு பாறையின் மொத்த அடுக்குகளிலும் அடியிலுள்ள அடுக்குகள் மேலே உள்ள அடுக்குகளை விட வயதானவை ஆகும். ஸ்டீனோ காலத்தில் வாழ்ந்த ராபர்ட்ஹூக் (Robert Hooke 1635-1703) இறந்தபின் வெளியான அவருடைய நூலான **Discourse on Earthquakes** (1705) என்பதில் இரண்டு முக்கிய

கருத்துக்களை வெளியிட்டார்: ஒன்று, பாறை அடுக்குகளைத் தகுந்த கால வரிசையில் வைக்க தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பெரிதும் உதவுகின்றன. இரண்டு, தட்பவெப்பநிலை மாறுதல்களைச் சுட்ட தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பயன்படுகின்றன.

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த ஜோகான் கோட்லீப் லேமான் (Johann Gott lieb Lehman) என்ற ஜெர்மன் நாட்டு அறிஞர் ஜெர்மனியின் ஹர்ஸ் மலைகளின் புவியின் ஓட்டில் உள்ள பாறை அடுக்குகளைப் பற்றி ஆய்வு செய்தபோது மூன்று முக்கியவகை மலைகளைக் கண்டறிந்தார்: (i) மிகவும் கடினமான, சிக்கலான அமைப்பு கொண்ட மிகத் தொன்மையான பாறைகளைக் கொண்ட மலைகள் (ii) கிடைமட்ட மலைகள்: இவற்றில் நீரினால் அடித்து வரப்பட்டு படிந்த பொருட்களாலான அடுக்குகள் கொண்ட பாறைகள் உள்ளன. இங்கு தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களும் விலங்குகளும் காணப்பட்டன. (iii) அபபொழுதுக்கப்பொழுது களம்–சார்ந்த (local) புவியியல் செயல்களால் ஏற்பட்ட மலைகள். ஏறத்தாழ இதே காலக்கட்டத்தில் கியோவன்னி ஆர்டுய்னோ (Giovanni Arduino) என்ற இத்தாலிய அறிவியல் அறிஞர் வடகிழக்கு இத்தாலியில் உள்ள வெனிஸ் பகுதியின் பாறைகளின் வரிசை பற்றி ஆய்வு செய்து மூன்றுவகைப் பாறைகளைக் கண்டறிந்தார்: முதல்நிலை (primary), இரண்டாம்நிலை (secondary), கடைநிலை (tertiary). மூன்றாவது வகையில் உள்ள பாறைகள் மிகவும் இளைய அடுக்குகளைக் கொண்டு அவற்றில் அதிக தொல்லுயிர் எச்சங்களைப் பெற்ற சுண்ணாம்புக்கல், மணற்கல் (sandstone), களிமண் படிமப்பாறை போன்றவை இருப்பதை எடுத்துக்காட்டியுள்ளார். இவற்றில் டெர்ஷியரி எனப்படும் கடைநிலை வரிசை தற்கால புவியியல் தம்பத்தில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

வில்லியம் ஸ்மித் (William Smith 1769-1869) என்ற இங்கிலாந்து நாட்டு நெடுஞ்சாலை மேற்பார்வையாளர் பாறைகளின் பல்வேறு அடுக்குகள் குறிப்பிடத்தக்க தொல்லுயிர் எச்சங்களின் திரள்களைக் கொண்டிருந்தன என்றும், அடுத்தடுத்த அடுக்குகளின் இயற்பியப்பண்புகள் வேறுபாட்டாலும், தொல்லுயிர் எச்சத்திரள்களின் வரிசையமைப்பு நிலையாக அமைந்திருந்தது என்றும் எடுத்துரைத்தார். எனவே, பாறையின் ஒரு குறிப்பிட்ட அடுக்கை அதில் உள்ள தொல்லுயிர் எச்சங்களைக் கொண்டு அடையாளம் கண்டுவிடலாம். பின்பு, மிகவும்

விரிவான புவியியல் ஆய்வுகளின் மூலம், ஸ்மித் இங்கிலாந்து, வேல்ஸ் பகுதிகளின் முதல், பெரிய புவியியல் படமத்தை 1815–ஆம் ஆண்டு உண்டாக்கினார். இதில் மிகப்பழமையான அடுக்கிலிருந்து மிக அண்மைக்கால அடுக்குவரை பட்டியலிடப்பட்டிருந்தது. ஸ்மித்தின் ஆய்வுகளும் கருத்துக்களும் பின்னால் வந்த புவியியல் அறிஞர்களை மிகவும் தாக்கமடையச் செய்தது. இவருடைய கருத்துக்கள் தான் புவியின் ஒட்டில் நடந்த வரலாற்று நிகழ்வுகளைக் காட்டும் காலங்காட்டி (Calendar) அல்லது காலவரிசையை நிர்ணயிக்க உதவும் அடிப்படையாக விளங்கின.

**அ. தரப்படுத்தப்பட்ட உலகளாவிய புவியியல் கால அளவுகோல்**

புவியியல் தம்பம் அல்லது **புவியியல் கால அளவுகோல்** (Geological time scale) பலரால் பல ஆண்டு கால முயற்சிகளால் தயாரிக்கப்பட்டது. பல புவியியல் அறிஞர்கள் மிகக் கவனமான இங்கிலாந்திலும், ஐரோப்பியக் கண்டத்திலும் பாறை அடுக்குகளின் வரிசையாக்கம் தொடர்பான பல ஆய்வுகள் மேற்கொண்டு அந்த வரிசைகளுக்குத் தமக்கு சரியெனத் தோன்றிய பெயர்களை இட்டனர். ஏறத்தாழ அதே நேரத்தில் பல்வேறு புவியியல் காலங்களைச் சேர்ந்த அடுக்குகளுக்கு கள புவியியல் பண்புகள் பதிவு செய்யப்பட்டன. பின்பு, இன்று நாமறிந்த புவியியல் தம்பம் பல்வேறு அறிவியல் அறிஞர்களால் மிகக் கவனமாக ஒன்று சேர்க்கப்பட்டது. புவிப்பாறைகளின் வெவ்வேறு அடுக்குகளை ஒன்று சேர்த்த புவியியல் தம்பத்தின் அமைப்பு கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. மிகப் பழமையான அடுக்கிலிருந்து மிக இளமையான அடுக்கு வரை வரிசையாக இங்கு விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனால் இதேவரிசையில் அவை அறிஞர்களால் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை என்பதை அனைவரும் உணர வேண்டும்.

புவியியல் கால அளவுகோல் அல்லது தம்பம் நான்கு **பேரூழிகளாகப்** (Eras) பிரிக்கப்பட்டுள்ளது: **பிரிகேம்பிரியன்** (Precambrian), **பேலியோஜோயிக்** (Paleozoic), **மீசோஜோயிக்** (Mesozoic), **சீனோஜோயிக்** (Cenozoic or Coenozoic) பேரூழிகள். பேலியோஜோயிக், மீசோஜோயிக், சீனோஜோயிக் ஆகிய பேரூழிப்பெயர்கள் முறையே பண்டைய உயிர் (ancient life), மையகால உயிர் (Middle life)

அண்மைக்கால உயிர் (recent life) என்று பொருள்படுகின்றன. ஒவ்வொரு பேரூழியும் ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட **ஊழிகளாக** (Periods) அல்லது தொகுதிகளாக (Groups) பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. பிரிகேம்பிரியன் பேரூழியில் **ஏஜோயிக்** (Azoic), **ஆர்க்கியோஜோயிக்** (Archeozoic), **புரோட்டிரோஜோயிக்** (Proterozoic) ஆகிய மூன்று ஊழிகளும், பேலியோஜோயிக் பேரூழியில் **கேம்பிரியன்** (Cambrian), **ஆர்டோவிசியன்** (Ordovician), **சைலூரியன்** (Silurian), **டிவோனியன்** (Devonian), **கார்பெனிஃபெரஸ்** (Carboniferous ), **பெர்மியன்** (Permian) ஆகிய ஊழிகளும், மீசோஜோயிக் பேரூழியில் **டிரையாசிக்** (Triassic), **ஜூராசிக்** (Jurassic), **கிரிடேசியஸ்** (Cretaceous) ஊழிகளும், சீனோஜோயிக் பேரூழியில் **டெர்ஷியரி** (Tertiary), **குவாட்டெர்னெரி** (Guaternary) ஆகிய இரண்டு ஊழிகளும் உள்ளன. ஒவ்வொரு ஊழியும் ஒன்று அதற்கு மேற்பட்ட **வரிசைகள்** (series) அல்லது காலக்கட்டங்களைக் (epochs) கொண்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக குவாட்டெர்னெரி ஊழி **பேலியோசீன்** (Paleocene), **இயோசீன்** (Eocene), **ஒலிகோசீன்** (Oligocene), **மையோசீன்** (Miocene), **பிளையோசீன்** (Pliocene), **பிளீஸ்டோசீன்** (Pleistocene), **அண்மைக்காலம்** (Recent) ஆகிய வரிசைகளைக் கொண்டது. ஒவ்வொரு பேரூழி, ஊழி, வரிசையும் வெவ்வேறு கால அளவைக் கொண்டுள்ளன; வெவ்வேறு தொல்லுயிர் எச்சங்களைக் கொண்டுள்ளன.

i. **பிரிகேம்பிரியன் பேரூழிக்காலம்:** பிரிகேம்பிரியன் பேரூழிக்காலம் தான் முதல் முக்கிய புவியியல் பேரூழிக்காலமாகும். இது புவியின் மொத்த வரலாற்றுக் காலத்தில் ஏறத்தாழ 4/5 பங்கு காலத்தைக் கொண்டது, அதாவது புவியியல் காலத்தில் 80 விழுக்காட்டைப் பிரிகேம்பிரியன் பேரூழிக்காலம் புவியின் தோற்றக்காலத்தில் (ஏறத்தாழ 4.5 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு) தொடங்கி ஏறத்தாழ 600 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்புவரை காணப்பட்டது, அதாவது கேம்பிரியன் ஊழிக்காலம் தொடங்கும் வரை. உலகின் பரப்பில் காணப்படும் மிகப்பழமையானப் பாறைகள் 3800 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முந்திய காலத்தைச் சேர்ந்தவை என அறியப்பட்டுள்ளது. இந்தியாவில் காணப்படும் மிகப் பழமையான பிரிகேம்பிரியன் பாறைகள் கோவாவில் உள்ள தழற்பாறைகள் (igneous rocks) ஆகும். இதன் காலம் 3400

மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முந்தியது என கதிரியக்க அளவீடு மூலம் நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது.

முன்னமே கூறியபடி பிரிகேம்பிரியன் பேரூழி மூன்று ஊழிகள் அல்லது தொகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. இவற்றில் மிகப் பழமையானது ஏஜோயிக் ஊழியாகும். இக்கால கட்டத்தில் புவியில் உயிரிகள் எதுவும் இல்லை. இது ஏறத்தாழ 1500 மில்லியன் ஆண்டுகள் நீடித்தது (4500 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 3000 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்பு வரை). அடுத்த ஊழிக்காலம் ஆர்க்கியோஜோயிக் ஆகும். இது ஏறத்தாழ 2000 மில்லியன் ஆண்டுகள் நீடித்தது (3000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 1000 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்பு வரை). இந்தக் காலக்கட்டத்தில் மிகத் தொன்மையான முதல் உயிரிகள் தோன்ற ஆரம்பித்தன. மூன்றாவது ஊழிக்காலம் புரோட்டிரோஜோயிக் ஊழிக்காலமாகும். இது ஏறத்தாழ 1000 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 600 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வரை நீடித்தது. இக்கால கட்டத்தில் தான் உயிர் முக்கியமான பெருந்தொகுதிகளாகப் பிரியத் தொடங்கியது எனக் கருதப்படுகிறது.

**ii. பேலியோ ஜோயிக் பேரூழிக்காலம்:** இப்பேரூழிக்காலம் 570 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 280 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்புவரை நீடித்தது. இதில் பல ஊழிகள் பகுத்தறியப்பட்டுள்ளன. இவையாவன:

**a. கேம்பிரியன் ஊழிக்காலம்:** 570 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 500 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்பு வரை (மொத்தம் 70 மில்லியன் ஆண்டுகள்). இந்த ஊழிக்காலம் வேல்ஸ் (Wales) பகுதியின் இலத்தீன் பெயரான கேம்பிரியா (Cambria) என்பதிலிருந்து இங்கிலாந்து நாட்டு புவியியல் வல்லுநரான ஆடம் செட்ஜிவிக் (Adam Sedgwick) என்பவரால் பெயரிடப்பட்டது. இவர் வேல்ஸ் பகுதியில் மிக விரிவான கள ஆய்வுகள் மேற்கொண்டு இந்தப் பாறை அடுக்கு வரிசையின் தொல்லுயிர் எச்ச முக்கியத்துவத்தை எடுத்துக்காட்டியுள்ளார். இவர் கேம்பிரியன் ஊழிக்காலத்தை மூன்று பெரும் வரிசைகளாகப் பிரித்துள்ளார்: கீழ், நடு, மேல் கேம்பிரியன் பெருவரிசைகள்.

**b. ஆர்டோவிசியன் ஊழிக்காலம்: 500 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 430 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்புவரை (மொத்தம் 70 மில்லியன் ஆண்டுகள்).** சார்லஸ் லாப்வொர்த் (Charles Lapworth 1879) ஆர்டோ–விசியன் தொகுதியைப் பெயரிட்டார். வடக்கு வேல்ஸ் பகுதியில் உள்ள ஆர்டோவிசஸ் என்ற பழங்குடி மக்களின் பெயரால் இவ்வூழிக்காலம் அழைக்கப்படுகிறது. இதில் செட்ஜ்விக்கின் மேல் கேம்பிரியனும், ரோடரிக் முர்ச்சிசனின் (Roderick Murchison) கீழ் சைலூரியனும் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

c. **சைலூரியன் ஊழிக்காலம்: 430 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 395 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்புவரை (மொத்தம் 35 மில்லியன் ஆண்டுகள்).** இது ரோடரிக் முர்ச்சிசன் என்பவரால் பெயரிடப்பட்ட ஊழிக்காலம் ஆகும். ரோமானியர்கள் வேல்ஸின் தெற்கு பகுதியை ஆக்ரமித்தபோது அப்பகுதியில் வாழ்ந்த சைலூர்கள் என்ற பழங்குடியினரின் பெயரில் இந்த ஊழிக்காலம் அழைக்கப்படுகிறது.

**d. டிவோனியன் ஊழிக்காலம்:** முர்ச்சிசன்னும், செட்ஜ்விக்கும் 1839–ஆம் ஆண்டு டிவோனியன் ஊழிக்காலத்தை நிறுவினர். இங்கிலாந்தில் உள்ள டிவோன்ஷயர் (Devonshire) என்ற பகுதியில் உள்ள பாறை அடுக்கின் அடிப்படையில் இப்பெயரை அவர்கள் கொடுத்தனர். இந்த ஊழிக்காலம் 395 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 345 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்வரை (ஏறத்தாழ 45 மில்லியன் ஆண்டுகள்) நீடித்தது. வில்லியம் லோன்ஸ்டேல் (William Lonsdale) இந்த அடுக்கு பாறைகளில் உள்ள தொல்லுயிர் எச்சங்களைப் பற்றிய மிக விரிவான ஆய்வுகளை மேற்கொண்டார். இங்குள்ள பாறைகள் பழைய சிவப்பு மணற்கல் (red sandstone) பாறைகளாகும். இவை சைலூரியன் பாறை அடுக்குகளுக்கும் கார்பானிஃபெரஸ் பாறை அடுக்குகளுக்கும் இடைப்பட்டதாகும்.

e. **கார்பானிஃபெரஸ் ஊழிக்காலம்:** 1821–ஆம் ஆண்டு வில்லியம் ஃபிலிப்ஸ் (William Phillips) பிரசுரித்த இங்கிலாந்து, வேல்ஸ் ஆகியவற்றின் புவியியல் படமத்தைச் சார்ந்த விரிவான விவரிப்பை 1822–ஆம் ஆண்டு வில்லியம் ஃபிலிப்சும், W.D. கோனிபியரும் (W.D. Conybeare) பிரசுரித்தனர். புதிய, பழைய சிவப்பு மணற்கல் பாறை

அடுக்குகளுக்கிடையே ஒருவித சிறப்புத்தன்மை வாய்ந்த சுண்ணாம்புக்கல் அடுக்கு அலகு காணப்பட்டதை அவர்கள் எடுத்துக்காட்டி அவ்வடுக்கிற்கு அவர்கள் கார்பானிஃபெரஸ் என்ற பெயரைக் கொடுத்தனர். இந்த அடுக்குகள் இங்கிலாந்து, ஐரோப்பிய கண்டம் போன்ற இடங்களில் நிலக்கரி படிமங்களோடு காணப்பட்டன. இவற்றின் பொருளாதார முக்கியத்துவம் காரணமாகவும், இவை பிரிட்டனில் மிக அதிகமாகக் காணப்படுவதாலும் கார்பானிஃபெரஸ் பாறைகள் முதலில் வகைப்படுத்தப்பட்ட ஒருசில பாறைகளில் ஒன்றாகத் திகழ்கிறது. இவ்வூழிக்காலம் 345 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 280 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்புவரை (65 மில்லியன் ஆண்டுகள்) நீடித்தது.

**f. பெர்மியன் ஊழிக்காலம்:** 1814–ஆம் ஆண்டு ரோடரிக் முர்ச்சிசன்னை ரஷ்ய மன்னர் அழைத்து ஐரோப்பிய ரஷ்யப் பகுதியின் பாறை அடுக்குகளை ஆய்வு செய்ய வேண்டினார். இதனை ஏற்றுக்கொண்டு அங்கு சென்ற முர்ச்சிசன் ஆய்வின் முடிவில் அங்குள்ள பாறை அடுக்குகளுக்குப் பெர்மியன் என்று பெயரிட்டார். இவ்வகைப் பாறை அடுக்குகள் தடிப்பான சுண்ணாம்புக்கல், மணற்கல், இதர பாறைகள் ஆகியவற்றின் கலவையாக இருந்தன. இங்குள்ள சுண்ணாம்புக் கல்லில் காணப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சங்கள் கார்பானிஃபெரஸ் காலத் தொல்லுயிர் எச்சங்களைவிட இளமையானவைகளாகவும், டிரையாசிக்கைவிட வயதானவைகளாகவும் திகழ்ந்தன. பெர்மியன் என்ற பெயர் ரஷ்யாவின் பண்டைய பெர்மியா அரசினை அடிப்படையாகக் கொண்டு வைக்கப்பட்டது; இவ்வரசின் தலைநகரான பெர்ம் (Perm) ஊரல் (Ural) மலைகளின் பக்கவாட்டில் அமைந்திருந்தது. இந்த ஊழிக்காலம் 280 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 225 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்புவரை (55 மில்லியன் ஆண்டுகள்) நீடித்தது.

**iii. மீசோஜோயிக் பேரூழிக்காலம்:** இப்பேரூழிக்காலம் 225 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 65 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்புவரை (160 மில்லியன் ஆண்டுகள்) நீடித்தது. இதில் மூன்று ஊழிக்காலங்கள் பகுத்தறியப்பட்டுள்ளன. அவையாவன:

**a. டிரையாசிக் ஊழிக்காலம்:** டிரையாசிக் ஒருங்கு 1834–ஆம் ஆண்டு ஆல்பெர்டி (Alberti) என்பவரால் நிறுவப்பட்டது. இது ஜெர்மனியில் காணப்படும் பாறைகளின் அடிப்படையில் நிறுவப்பட்டதாகும். இதில் கீழ் டிரையாசிக், நடு டிரையாசிக், மேல் டிரையாசிக் என்ற மூன்று தொகுதிகள் காணப்படுகின்றன. கீழ் டிரையாசிக் சிவப்பு மணற்கல்லையும், நடு டிரையாசிக் கடல்சார் சுண்ணாம்புக் கல்லையும், மேல் டிரையாசிக் சிவப்பு மணற்கல்லையும் வெகுவாகக் கொண்டுள்ளன.

**b. ஜுராசிக் ஊழிக்காலம்:** 1785–1815 ஆகிய ஆண்டுகளுக்கிடையில் வில்லியம் ஸ்மித் இங்கிலாந்து, வேல்ஸ் ஆகியவற்றின் பாறை அடுக்குத் தொடர்ச்சிகள், புவியியல் படமங்கள் போன்றவற்றை வெளியிட்டார். இந்த வெளியீட்டில் ஜுராசிக் காலத்தைச் சேர்ந்த அடுத்தடுத்த பாறை அடுக்குகள் பற்றிய விவரங்கள் குறிப்பாக விவரிக்கப்பட்டன. 'ஜுராசிக்' என்ற பெயர் பிரான்ஸ் நாட்டில் உள்ள ஜுரா (Jura) மலைகளில் உள்ள பாறை அடுக்குகளில் அடிப்படையில் பெயரிடப்பட்டது. இந்த ஊழிக்காலம் 190 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 136 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்புவரை (54 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு) நீடித்தது.

**c. கிரிடேசியஸ் ஊழிக்காலம்:** இந்த ஊழிக்காலம் 136 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 65 மில்லியன் ஆண்டுகள் முன்புவரை (71 மில்லியன் ஆண்டுகள்) நீடித்தது. இந்த ஊழிக்கால பாறைகள் மிகவும் தனித்தன்மையானவை; இவை சுண்ணாம்பால் ஆனது. இவை இங்கிலாந்தின் தெற்குப்பகுதி, பாரிஸ், பெல்ஜியம் ஆகிய இடங்களில் மிகவும் பரவலாகக் காணப்படுகின்றன. ஜே. டி ஒமாலியஸ் டி ஹல்லோய் (J.de Omalius de Halloy) என்பவர் 1823–ஆம் ஆண்டு இப்பாறைகளுக்கு கிரிடேசியஸ் என்ற பெயரைக் கொடுத்தார்.

**iv. சீனோஜோயிக் பேரூழிக்காலம்:** இப்பேரூழிக்காலம் 65 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 10000 ஆண்டுகள் முன்புவரை நீடித்தது. இது இரண்டு ஊழிக்காலங்களை உள்ளடக்கியதாகும்: டெர்ஷியரி, குவாட்டெர்னெரி.

**உ. டெர்ஷியரி ஊழிக்காலம்:** பிரான்ஸ் நாட்டு புவியியல் மற்றும் தொல்தாவரவியல் அறிஞரான அடால்ஃபஸ் பிராக்னியார்ட் என்பவர் டெர்ஷியரி என்ற பெயரை 1810–ஆம் ஆண்டு இப்பாறை அடுக்குகளுக்கு பெயரிட்டார். இத்தகைய பாறை அடுக்குகள் பாரிஸ் பகுதியில் காணப்பட்டது. 1833–ஆம் ஆண்டு சார்லஸ் லயல் (Charles Lyell) என்ற பெயர் பெற்ற புவியியல் மற்றும் தொல்உயிரியியல் அறிஞர் ஐரோப்பிய டெர்ஷியரி பாறை அடுக்குகளை மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரித்தார்: இயோசீன், மையோசீன், பிளையோசீன் இவற்றோடு பின்னால் பிளிஸ்டோசீன் என்ற பாறை அடுக்கையும் சேர்த்தார். காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்சங்களோடு எவ்வளவு விழுக்காடு அண்மைக்கால சிற்றினங்கள் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக உள்ளன என்பதைப் பொருத்து இந்தப் பிரிவுகள் உண்டாக்கப்பட்டன. எடுத்துக்காட்டாக, இயோசீன் அடுக்குகள் 1–5 விழுக்காடு அண்மைக்கால சிற்றினங்களையும், மையோசீன் அடுக்குகள் 20–40 விழுக்காடு அண்மைக்கால சிற்றினங்களையும், பிளையோசீன் 50–90 விழுக்காடு அண்மைக்கால சிற்றினங்களையும், பிளிஸ்டோசீன் 90–100 விழுக்காடு அண்மைக்கால சிற்றினங்களையும் கொண்டுள்ளன. சார்லஸ் லயல் ஏற்படுத்திய டெர்ஷியரி அடுக்குகளின் பிரிவுகள் முழுமையானவையல்ல என்று பல புவியியல் அறிஞர்களால் உணரப்பட்டதால் மேலும் இரண்டு பிரிவுகள் இவற்றோடு பின்னால் சேர்க்கப்பட்டன. பேரிச் (Beyrich) 1854–ஆம் ஆண்டு ஒலிகோசீன் என்ற பாறை அடுக்கை சேர்த்தார்; இவ்வகைப் பாறை அடுக்குகள் வட ஐரோப்பாவில் காணப்படுகின்றன; இவற்றில் மிகப் பரவலான கடல்சார், உப்பங்கழிசார், நன்னீர்சார், கண்டம்சார் பாறை அடுக்குகள் உள்ளடங்கியன. 1874–ஆம் ஆண்டு ஷிம்பர் (Schimper) பேலியோசீன் (Paleocene) என்ற மற்றொரு பாறை அடுக்கை சேர்த்தார்; இவ்வகைப் பாறை அடுக்குகள் மேற்கு ஐரோப்பாவில் காணப்படுகின்றன. இதேபோன்ற பாறை அடுக்குகள் அமெரிக்காவின் டெர்ஷியரி பாறை அடுக்கு ஒருங்குகளிலும் காணப்படுகின்றன. 1853–ஆம் ஆண்டு ஹோஃவ்லெஸ் (Hovles) **நியோஜீன்** (Neogene) என்ற பெயரைப் பயன்படுத்தி மையோசீன், பிளையோசீன் பாறை அடுக்குகளை ஒன்று சேர்த்தார். இதே போன்று ஒலிகோசீனையும் இயோசீனையும் ஒன்று சேர்த்து **பேலியோஜீன்** (Paleogene) என்ற பெயரைக் கொடுத்தார். டெர்ஷியரி ஊழிக்காலம் 65 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பிருந்து 1.8

மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்புவரை நீடித்தது (ஏறத்தாழ 63.2 மில்லியன் ஆண்டுகள்).

**b. குவாட்டெர்னெரி ஊழிக்காலம்:** புவியின் வரலாற்றில் இதுதான் மிகவும் அண்மையான காலமாகும். இந்த ஊழிக்காலம் 'வண்டல் படிமம்' (alluvium) இருப்பதின் மூலம் கண்டறியப்படுகிறது. இப்படிமங்கள் முந்தைய பனிக்கட்டி காலத்தில் (ice age) உண்டாக்கப்பட்டவையாகும். சார்லஸ் லயல் பிளிஸ்டோசீன் பாறை அடுக்குகளை இதில் சேர்த்தாலும் 1854–ஆம் ஆண்டு மோர்லோட் (Morlot) இவற்றைப் பிளையோசீன்–பிந்தைய (Post-Pliocene) பாறை அடுக்கு என்றழைத்தார். எனினும் 'அண்மைக்காலம்' (Recent) என்ற வரிசை இவையனைத்திற்கும் பதிலாக பலரால் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட பெயராகும்.

மேற்கூறிய பேரூழிகள், ஊழிகள், வரிசைகள் போன்றவற்றின் விவரங்கள் அட்டவணை 2–இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அட்டவணையில் உள்ள புவியியில் கால அளவுகோல் **தரப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் கால அளவுகோல்** (Standard Geological Time Scale) அல்லது **பன்னாட்டு புவியியல் கால அளவுகோல்** (International Geological Time Scale) எனப்படுகிறது. ஏனெனில் இது உலகம் முழுவதும் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்ட புவியியல் கால அளவுகோல் ஆகும். மேலும் இது புவியியல் தம்பத்தின் வகைப்பாட்டையும் இதில் அடங்கியுள்ள ஒவ்வொரு கூறுக்கும் (category) கதிரியக்க அளவீட்டின் மூலம் நிர்ணயிக்கப்பட்ட காலத்தையும் ஒனறாக இணைத்ததாகும். பின்னால் எடுத்துக்காட்டியுள்ளபடி கதிரியக்கக்கால நிர்ணயம் (radiodating) அதற்கே உரிய குறைபாடுகளைக் கொண்டிருப்பதால் ஒரே புவியியல் பாறை அடுக்குக்கு வெவ்வேறு கதிரியக்கக் கால நிர்ணயங்கள் சிலசமயம் கொடுக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, ஹோல்ம்ஸ் (Holmes 1947) உருவாக்கிய புவியியல் கால அளவுகோலில் கேம்பிரியன் காலத்தின் தொடக்கம் 510 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு என்று சுட்டப்பட்டது. ஆனால் குல்ப் (Kulp 1961) இதன் தொடக்கத்தை 600 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பும், லண்டன் புவியியல் கூட்டமைப்பு (London Geological Society) (1964) 570 மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பும் நிர்ணயித்தனர்.

அட்டவணையில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள புவியியல் கால அளவுகோல் பன்னாட்டு அளவுகோலாகக் கருதப்பட்டாலும் உலகின் சிலபகுதிகளில் உள்ள புவியியலின் தனிப்பட்ட பண்புகளால், அப்பகுதிகளுக்கு உரித்தான புவியியல் கால அளவுகோல்கள் தனித்தனியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, மீசோஜோயிக், சீனோஜோயிக் பேரூழிக்காலங்களின் உட்பிரிவுகள் பன்னாட்டளவில் பொதுவாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளன என்றாலும் பேலியோஜோயிக் பேரூழிக்காலத்திற்குள் உள்ளடக்கப்பட்ட உட்பிரிவுகள் உலகெங்கிலும் ஒருமித்தவைகளாக இல்லை.

ஐரோப்பிய கண்டத்தில் கார்பானிஃபெரஸ் ஊழிக்காலம் இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகிறது: கீழ் கார்பானிஃபெரஸ், மேல் கார்பானிஃபெரஸ். இதே இரண்டு பிரிவுகள் இங்கிலாந்தில் கீழ் நிலக்கரி அளவீடுகள் (Lower coal measures), மேல் நிலக்கரி அளவீடுகள் (Upper coal measures) என்று முறையே அழைக்கப்படுகின்றன. USA–வில் கார்பானிஃபெரஸ் ஊழிக்காலம் கீழ் மிசிசிப்பியன் (Lower Mississippian), மேல் பென்சில்வேனியன் (Upper Pennsylvanian) என்று பிரிக்கப்படுகிறது.

இதேபோன்று பேலியோஜோயிக், மீசோஜோயிக் பேரூழிக்காலங்களும் வெவ்வேறு வகைகளில் இந்திய புவியியல் கால அளவுகோலில் கருதப்பட்டுள்ளன. மேல் பேலியோஜோயில் பேரூழிக்காலத்திலிருந்து மைய மீசோஜோயிக் பேரூழிக்காலம் வரை உள்ள புவியியல் கால ஒருங்குகளில்தான் அதிக மாறுபாடுகள் ஏற்பட்டுள்ளன. இத்தகைய தனித்தன்மையான தொல்லுயிர் எச்சம் தாங்கியுள்ள பாறை அடுக்குகளுக்குக் கோன்ட்வானா ஒருங்கு என்ற பெயர் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. 1872–ஆம் ஆண்டு மெடிகாட் (Medicot) என்பவரால் இத்தகைய பாறை அடுக்குகள் பண்டைய பழங்குடி மக்களான கோன்ட்கள் வாழ்ந்த மத்திய இந்தியப் பகுதியில் இருந்ததால், அவர்களின் பெயரால் இப்பெயர் கொடுக்கப்பட்டது. கோன்ட்வானா பாறை ஒருங்கு மேல் கார்பானிஃபெரஸ் முதல் கீழ் கிரிடேசியஸ் வரை அமைந்த பாறை அடுக்குகளை உள்ளடக்கியது ஆகும்.

## ஆ. இந்திய புவியியல் கால அளவுகோல்

உலகளாவிய தரப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் கால அளவுகோலை உருவாக்கப் பயன்படுத்தப்பட்ட முக்கியக்கொள்கைகள் தான் இந்தியாவின் புவியியல் கால அளவுகோலை உருவாக்கவும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன என்பதை அனைவரும் நன்கு உணரவேண்டும். எனினும் ஐரோப்பா, இந்தியா ஆகியவற்றின் வகைப்படுத்தப்பட்ட படிமப்பாறையியல் பதிவுகளுக்கு இடையே ஒரு சில ஒற்றுமையின்மைகள் காணப்படுகின்றன. இந்தியாவிலும் ஐரோப்பியாவிலும் பகுதி சார்ந்த (regional) ஒற்றுமையின்மைகள் ஒரே காலக்கட்டத்தில் இருப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக, ஐரோப்பாவில் காணப்படுவது போன்று பேலியோஜோயிக், மீசோஜோயிக் ஆகிய இரண்டு பேரூழிக்கால ஒருங்குகளுக்கு இடையே குறிப்பிடத்தக்க ஒற்றுமையின்மை இந்தியாவில் காணப்படவில்லை; இதேபோன்று மீசோஜோயிக், சீனோஜோயிக் பேரூழிக்காலங்களுக்கு இடையேயும் குறிப்பிடத்தக்க ஒற்றுமையின்மை இந்தியாவில் காணப்படவில்லை. ஐரோப்பாவில் உள்ள நிலைக்கு மாறாக இந்தியாவில் மைய, மேல் கார்பானிஃபெரஸ் ஆகிய இரண்டு பாறை அடுக்குகளுக்கிடையே ஒற்றுமையின்மை காணப்படவில்லை. எனவே இந்தியப்பாறை அடுக்குகள் வேறுவகையில் வகைப்படுத்தப்பட வேண்டும். மேல் கார்பானிஃபெரஸ் அடுக்குகளிலிருந்து அண்மைக்கால அடுக்குகள் வரை உள்ள அனைத்துப் பாறைத் தொகுதிகளும் ஒரே தொகுதியில் வைக்கப்படுகின்றன. மேற்கூறிய காரணங்களால், இந்தியப்பாறை அடுக்குத் தொகுதிகளுக்கும் ஐரோப்பிய தொகுதிகளுக்கும் இடையே ஒப்பீடுகள் செய்வது சற்று கடினமாகிறது. இந்தப் பாறைகளில் எந்தவித தொல்லுயிர் எச்சச் சான்றுகளும் காணப்படாமை ஒப்பீட்டை மேலும் கடினமாக்கிறது. தீபகற்ப இந்தியாவின் பெருப்பகுதிகளிலும், வெளி இமாலயப் பகுதிகளிலும் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் காணப்படுவதில்லை.

இந்தியப் புவியியில் கால அளவுகோல் அட்டவணை 3–இல கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இதனை இந்தியாவின் Geological Survey of India–வில் பணிபுரிந்த பிரிட்டன் நாட்டு புவியியில் அறிஞரான T. ஹாலந்து (T Holland) உருவாக்கினார்.

தனித்தன்மைகளாலும், குறிப்பிட்டவேறுபாடுகளாலும் இதில் புவியியல் கால ஒருங்குகள் பெரும்பாலும் வட்டாரப் பெயர்களால் சுட்டப்படுகின்றன. இது இந்தியப் புவியியல் கால அளவுகோலில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள வகைப்பாட்டிலிருந்து தெளிவாகிறது. ஆர்க்கியன் (Archean), புராண (Purana) பேரூழிகள் தரப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் கால அளவுகோலின் பிரிகேம்பிரியன் பேரூழிக்காலத்திற்கு ஒப்பானது. திராவிட (Dravidian) பேரூழி கேம்பிரியன் முதல் மைய கார்பானிஃபெரஸ் காலம் வரையிலான காலத்திற்கு இணையானது. இது ஐரோப்பா UK, USA ஆகிய பகுதிகளின் ஒத்த வயது பாறை ஒருங்குகளிலிருந்து பெருமளவு வேறுபடுகிறது. இந்தியாவில் இந்தப் பேரூழிக்காலத்துப் பாறைகள் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் அற்று காணப்படுகின்றன அல்லது ஒரு சில குறைவான தாவர தொல்லுயிர் எச்சங்களைக் கொண்டிருக்கிறது. ஆர்ய (Aryan) பேரூழிக்காலம் தரப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் காலஅளவுகோலின் மேல் கார்பானிஃபெரஸ் முதல் அண்மைக்காலம் வரையிலான புவியியல் காலத்திற்கு இணையானது. இந்தப் பேரூழிக்காலம் தொல்தாவரவியல் நோக்கில் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்க ஒன்றாகும். இந்தப் பேரூழிக்காலத்தில்தான் மிக அதிக தொல்லுயிர் எச்சங்களைக் கொண்டுள்ள கோன்ட்வானா, டெர்ஷியரி ஒருங்குகள் உருவாக்கப்பட்டன.

### 4. புவியியல் கால நிர்ணயம்

பொதுவான காலத்தையும், புவியியல் காலத்தையும் அளவீடு செய்தல் தொடர்பான பல்வேறு கூறுகள் பற்றி நாம் புரிந்து கொள்வது மிகவும் தேவையான ஒன்றாகும். புவியியல் காலத்தை வரையறை செய்வதற்கு முன்பு, காலம் என்றால் என்ன என்பதை அறிவியல் அடிப்படையில் அறியவேண்டும். ‘காலம்’ பற்றி நாம் பொதுவாக நன்கு அறிந்திருந்தாலும், அதன் முக்கியத்துவத்தைப் பற்றி எப்பொழுதுமே உணர்ந்திருந்தாலும், அதனை சரியாக வரையறை செய்வது மிகவும் கடினம். ‘காலம்’ என்பதற்கு பலர் பலவிதமான வரையறைகளைக் கொடுத்திருந்தாலும், அனைவருக்கும் இசைவான ஒருவரையறை இன்னும் உருவாக்கப்படவில்லை என்றே கொள்ளவேண்டும். ‘காலம்’ என்பதன் வரையறை கருத்து வேறுபாட்டிற்கு உட்பட்டிருந்தாலும், அதனை அளப்பது தொடர்பாக அதிக கருத்து வேறுபாடுகள் இல்லை.

எண்ணக்கூடிய வகையில் அமைந்துள்ள எந்தவொரு மீள்நிகழ்வும் காலத்தின் அளவாகும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு ஊசலின் அலைவு, கடிகாரத்தின் தொடர் ஓசை, தன் அச்சை மையமாக வைத்து சுழலும் புவியின் சுழற்சி, சூரியனைச் சுற்றி புவிமேற்கொள்ளும் சுழற்சி போன்றவற்றை மீள்நிகழ்வுகளாகக் கொள்ளலாம். நாம் நாள்தோறும் பொதுவாகப் பயன்படுத்தும் 'காலம்' வானியல் கடிகாரத்தால் (astronomical clock) நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. புவி சூரியனை ஒருமுறை சுற்றிவர **365** நாட்கள், **5** மணிகள், **49** நிமிடங்கள், **12** வினாடிகள் எடுத்துக் கொள்கிறது. இது ஏறத்தாழ ஒரு வருடமாக ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகிறது. புவி தன்னுடைய அச்சை ஒருமுறை சுற்றிவர **23** மணிகள், **56** நிமிடங்கள், **4.09** வினாடிகள் எடுத்துக் கொள்கிறது,, இது ஏறத்தாழ ஒரு நாளாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது (அதாவது **24** மணிநேரம்). புவியின் சந்திரன் தன்னுடைய அச்சை ஒருமுறை சுற்றிவரவும், புவியை ஒருமுறை சுற்றிவரவும் ஏறத்தாழ ஒரே நேரத்தை, அதாவது **27.3** நாட்கள் + ஒரு சில மணிநேரங்கள் எடுத்துக் கொள்கிறது.

மனித வரலாற்றில் ஏற்பட்ட முந்தைய நிகழ்வுகள் பொதுவாக அவை நடந்து முடிந்து எவ்வளவு ஆண்டுகள் கழிந்துள்ளன என்ற அடிப்படையில் குறிப்பிடப்படுகின்றன. எனவே இங்கு வருடங்கள் காலத்தின் மாற்றமடையாத அளவுகோலாகக் கருதப்படுகின்றன; கடந்த காலத்திலும் ஒரு வருடம் என்பது இன்று காணப்படும் வருடத்தின் மொத்த காலத்தையே கொண்டிருந்திருக்க வேண்டும் என்ற அடிப்படையில் இந்த அளவுகோல் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. கடிகாரங்கள் ஒவ்வொரு நாளையும் **24** மணிகளாகவும், ஒவ்வொரு மணியையும் **60** நிமிடங்களாகவும், ஒவ்வொரு நிமிடத்தையும் **60** வினாடிகளாகவும் பிரித்து காட்டுகின்றன. எனவே வினாடிகள் மிகச்சிறிய மட்டுமல்லாது காலத்தின் அடிப்படை அலகாகத் திகழ்கின்றன. வருடங்கள் மிகப்பெரிய அலகாகத் திகழ்கின்றன.

## அட்டவணை 2: தரப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் கால அளவுகோல்

| *பேரூழி* | *ஊழி* | *வரிசை* | கால அளவு (மில்லியன் ஆண்டுகளில்) (ஏறத்தாழ) | மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு | முக்கியத் தாவரத் தொகுதிகள் |
|---|---|---|---|---|---|
| சீனோஜோயிக் | குவாட்டெர்னெரி | அண்மைக் காலம் | | 10,000 ஆண்டுகள் | தற்காலத் தாவரங்கள் |
| | | பிளிஸ்டோசீன் | 1.8 | 1.8 | தற்காலத் தாவரங்கள் |
| | டெர்ஷியரி | பிளையோசீன் | 4.9 | 7 | தற்காலத் தாவரங்கள் |
| | | மையோசீன் | 19 | 26 | தற்காலத் தாவரங்கள் |
| | | ஒலிகோசீன் | 12 | 38 | தற்காலத் தாவரங்கள் |
| | | இயோசீன் | 16 | 54 | தற்காலத் தாவரங்கள் |
| | | பேலியோசீன் | 11 | 65 | தற்காலத் தாவரங்கள் |
| மீசோஜோயிக் | கிரிடேசியஸ் | | 71 | 136 | கோனிஃபர்கள் |
| | ஜுராசிக் | | 54 | 190 | ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், பெரணிகள், முதல் கோனிஃபர்கள் |
| | டிரையாசிக் | | 35 | 225 | ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், பெரணிகள் |
| | பெர்மியன் | | 55 | 280 | முதல் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், டெரிடோஸ்பெர்ம்கள் |
| | கார்பானிஃபெரஸ் | பென்சில்வேனியன் | 45 | 325 | மர லைக்கோபோடுகள், |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | கேலமைட்கள், பெரணிகள் |
| பேலியோ ஜோயிக் | | மிசிசிப்பியன் | 20 | 345 | மர லைக்கோபோடுகள், பெரணிகள், முதல் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் |
| | டிவோனியன் | | 50 | 395 | சைலோஃபைட்டேல்ஸ், செடி போன்ற லைக்கோபோடுகள், முதல் பெரணிகள் |
| | சைலூரியன் | | 35 | 430 | கடல்வாழ் பாசிகள் |
| | ஆர்டோவிசியன் | | 70 | 500 | கடல்வாழ் பாசிகள் |
| | கேம்பிரியன் | | 70 | 570 | கடல்வாழ் பாசிகள் |
| | புரோட்டிரோ ஜோயிக் | | 570 | 1000 | பூஞ்சைகள், பாக்டீரியங்கள் |
| பிரிகேம்பிரியன் | ஆர்க்கியோ ஜோயிக் | | 2000 | 3000 | பாக்டீரியங்கள் ? |
| | ஏஜோயிக் | | 1500 | 4500 ? | |

## அட்டவணை 3: இந்திய புவியியல் கால அளவுகோல்

| தொகுப்பு/பேரூழி | ஒருங்குகள்/வரிசைகள் | தரப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் கால அளவுகோலில் சமமான வயதுகள் |
|---|---|---|
| ஆரிய பேரூழி | அண்மைக்காலம் | அண்மைக்காலம் |
| | டெக்கான் படிநிலைகள் | டெர்ஷியரி<br>மேல் கிரிடேசியஸ் |
| | கோன்ட்வானா ஒருங்கு | கீழ்கிரிடேசியஸ்<br>மேல் கார்பானிஃபெரஸ் |

........................ஒற்றுமையின்மை ................................

| | | |
|---|---|---|
| திராவிட பேரூழி | () வரிசை | மையகார்பானிஃபெரஸ் |
| | ஹெய்மான்ட் வரிசை | கேம்பிரியன் |

........................ஒற்றுமையின்மை ................................

| | | |
|---|---|---|
| புராண பேரூழி | விந்திய வரிசை | பிரிகேம்பிரியன் |
| | கடப்பா | |
| ..................ஈபார்க்கியன் ஒற்றுமையின்மை .............. | | |
| ஆர்க்கியன் பேரூழி | தார்வார் | |
| | ஆர்க்கியன் | |

ஆனால் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களும், புவியியல் அறிஞர்களும் புவியியல் காலத்தைத் தான் முக்கிய அடிப்படையாகக் கருதுகின்றனர். புவி தோன்றிய காலம்தொட்டு இன்றுவரை கடக்கப்பட்ட காலத்தின் மொத்த அளவுதான் புவியியல் காலம் ஆகும். அதாவது புவியியல் காலத்தின் தொடக்கப்புள்ளி புவிதோன்றிய காலத்தைச் சுட்டுகிறது (4.5 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு).

பாறைகளின் வயது நிர்ணய அறிவியலைத் தொடங்கியவர் பேரன் ஜெரார்டு டி கியர் (Baron Gerard de Gear) என்பவர் ஆவார். இவர் 1878–ஆம் ஆண்டு ஸ்வீடன் நாட்டில் பின்னடையும் பனிக்கட்டியினால்

(retreating ice) உண்டாக்கும் களிமண்ணின் அடுக்குகள் (varves) பற்றிய ஆய்வின் விளைவாக இந்த வயது நிர்ணய அறிவியலை உருவாக்கினார். பின்பு 1893–ஆம் ஆண்டு, H.S. வில்லியம்ஸ் (H.S. Williams) 'geochronology' என்ற சொல்லை உருவாக்கினார்; இதன் பொருள் 'புவி கால வரிசை' என்பதாகும். இச்சொல் புவியின் நிகழ்வுகளின் காலத்தை கணித்தல் அல்லது புவியின் வயதோடு ஒப்பிட்டு ஒரு நிகழ்வின் காலத்தைக் குறித்தல் என்ற பொருளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

புவியியலிலும், தொல்தாவரவியலிலும் பாறைகள், தொல்லுயிர் எச்சங்கள் நிகழ்வுகள் போன்றவற்றின் வயதை அளக்க அல்லது நிர்ணயம் செய்ய வேண்டிய தேவையுள்ளது. அடிப்படையில் இரண்டு வகையான வயது நிர்ணயங்கள் உள்ளன: **ஒப்பு வயது நிர்ணயம்** (Relative Age Determination), **சரியான வயது நிர்ணயம்** (Absolute Age Determination). ஒரு நிகழ்வு, பொருள் அல்லது உயிரியின் ஒப்பு வயது என்பது வேறு நிகழ்வுகள், பொருட்கள் அல்லது உயிரிகளின் வயதோடு ஒப்பிட்டுப் பெறப்படும் வயதாகும். எனவே, ஒப்பு வயது சரியான ஆண்டுகளில் வயதைக் குறிப்பிடாது. இதற்கு மாறாக, ஒரு நிகழ்வு, பொருள் அல்லது உயிரியின் வயது சரியான ஆண்டுகளின் எண்ணிக்கையில் குறிப்பிடப்படும் அதன் வயதைக் குறிக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒருவர் தன்னுடைய வயதை இன்னொருவரைவிட இளையவர் என்றோ மூத்தவர் என்றோ குறிப்பிடும்போது, அது ஒப்பு வயது என்றும், தன்னுடைய வயது ஐம்பது ஆண்டுகள் என்று குறிப்பிடும்போது அது சரியான வயது என்றும் குறிப்பிடலாம். இதே நடைமுறைதான் தொல்லுயிர் எச்சங்களின் புவியியல் வயதுகளைச் சுட்ட பயன்படுத்தப்படுகிறது. தொல்லுயிர் எச்சங்களின் சரியான வயதை அறிந்து கொள்ளுதல் மிகவும் நல்லது என்றாலும் அதை நிர்ணயம் செய்வது முடியாத செயலாகும். எனவே, தொல்லுயிர் எச்சங்களின் புவியியல் வயது எப்பொழுதுமே ஒப்பு வயதாகத்தான் கொடுக்கப்படுகிறது. தரப்படுத்தப்பட்ட புவியியல் கால அளவுகோல் இந்த இரண்டு வகை வயது நிர்ணயங்களின் அடிப்படையில் தான் தயாரிக்கப்பட்டதாகும்.

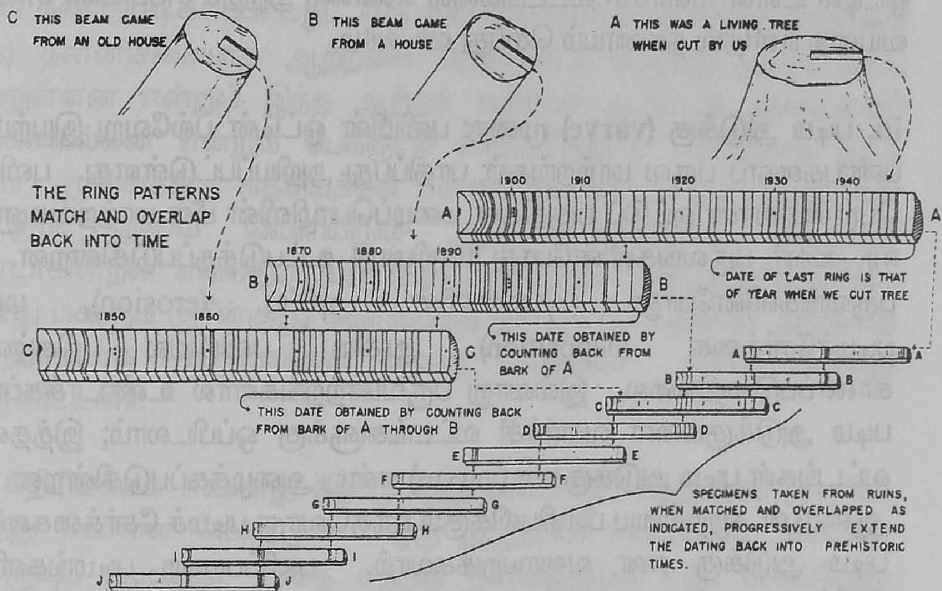
(அ) ஒப்பு வயது நிர்ணய முறைகள்

தொல்லுயிர் எச்ச விலங்குகளின் ஒப்பு வயதை நிர்ணயம் செய்ய இரண்டு அடிப்படை முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன: (i) ஃபுளூரின் முறை: புதிய எலும்புகளில் ஃபுளூரின் இருப்பதில்லை. எலும்பு வயதடையும் போது அதில் ஃபுளூரின் சேர்க்கப்படுகிறது. எனவே, எலும்புகளின் ஃபுளூரின் அளவை அளவிடுவதின் மூலம் ஒப்பு வயதை நிர்ணயம் செய்யலாம். (ii) நைட்ரஜன் முறை: மேலே விவரிக்கப்பட்ட முறைக்கு மாறாக, எலும்பின் நைட்ரஜன் அளவு எலும்பு வயதடையும்போது குறைகிறது. இரண்டு வெவ்வேறு எலும்புகளில் அவற்றின் நைட்ரஜன் அளவை அளவிடுவதன் மூலம் அவற்றின் ஒப்பு வயதை எளிதில் நிர்ணயம் செய்யலாம்.

(ஆ) சரியான வயது நிர்ணய முறைகள்

சரியான வயதை நிர்ணயம் செய்ய பல முறைகள் உள்ளன. அவையாவன:

i. மர கால வரிசையியல் (Dendrochronology): ஆண்டு வளர்ச்சி வளையங்களின் எண்ணிக்கையை எண்ணி ஒரு மரம் அல்லது மரக்கட்டை அல்லது மரக்கட்டையால் ஆன ஒரு பொருளின் (எடுத்துக்காட்டாக: தூண்) சரியான வயதை நிர்ணயம் செய்தல். ஒவ்வொரு ஆண்டு வளையமும் கோடையில் உண்டான மரக்கட்டைப் பகுதியையும் (summer wood) (இது சிறிய தடித்த சுவர் கொண்ட செல்களைக் கொண்டது), வசந்தகாலத்தில் உண்டான மரக்கட்டைப் பகுதியையும் (spring wood) (இது பெரிய, மெல்லிய சுவர் கொண்ட செல்களைக் கொண்டது) (படம் 208). தனிப்பட்ட தொல்லியல் களங்களின் வயதை நிர்ணயம் செய்வதில் மரகால வரிசையியல் பெரும்பங்கு வகித்துள்ளது.




**படம் 208:** மரகால வரிசையியல். மரக்கட்டையின் ஆண்டு வளையங்களின் அடிப்படையில் கலப்புக் கால கணிப்பு செய்யும் முறை விளக்கப்பட்டுள்ளது. பட உதவி: Stalling

**ii. விலங்கு ஓடுகளின் வளர்ச்சி வட்டங்கள் முறை:** இம்முறையில் விலங்குகளின் ஓடுகளில் உள்ள வளர்ச்சி வட்டங்களை எண்ணி அதன் அடிப்படையில் வயது நிர்ணயம் செய்யப்படுகிறது. வெப்பம், ஊட்டம் கொடுத்தல் ஆகிய இரண்டிலும் காணப்படும் பருவவேறுபாடுகளுக்கு இணங்க நீர்வாழ் உயிரிகள் தகுந்த துலங்கல்களை மேற்கொள்கின்றன. இத்தகைய வேறுபாடுகள் குளிர்ப்பகுதிகளில் மிகவும் நன்கு புலப்படுகின்றன; இப்பகுதிகளில் வெவ்வேறு பருவங்களில் வெப்பநிலை உச்ச, நீச்சநிலைகளை அடைகிறது. நன்னீர்வாழ் மெல்லுடலிகள் (molluscs) (நத்தை போன்றவை) தம்முடைய ஓடுகளில் பொதுவாக ஆண்டு வளையங்களைக் காட்டுகின்றன; இவை மரங்களின் கட்டைகளில் காணப்படும் வளர்ச்சி வட்டங்களை ஒத்துள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, நன்னீர்வாழ் சிப்பிகளின் ஓட்டில் குளிர்ந்த பருவத்தை சுட்டும் ஒரு அடர்நிறமான, குறுகிய பகுதியும் அடர்நிறமற்ற, அதிக உணவு கிடைக்கும், வளர்சிதை மாற்றம் வீரியமாக நடக்கும் பருவத்தைச் சுட்டும் ஒரு அகலமான பட்டைப் பகுதியும் மாறி மாறி காணப்படுகின்றன.

ஓட்டில் உள்ள வளர்ச்சி வட்டங்களை எண்ணி அந்தச் சிப்பியின் சரியான வயதை எளிதில் நிர்ணயம் செய்து விடலாம்.

**iii. படிம அடுக்கு (varve) முறை:** புவியின் ஓட்டின் பல்வேறு இயற்பியல் பண்புகளைப் பருவ மாற்றங்கள் பாதிப்பது அறியப்பட்டுள்ளது. புவியின் பெரும்பாலான ஓட்டுப் பகுதிகள் மழைப்பொழிவின் மீள் மாற்றங்களுக்கு ஈர, உலர் பருவங்களின்போது மாறிமாறி உட்படுத்தப்படுகின்றன. ஈர பருவங்களின்போது படிமங்களின் அரிப்பு (erosion), மற்றும் படிமச்சேர்க்கை (deposition) ஆகிய புவியியல் நிகழ்வுகள் காணப்படுவதில்லை. இவ்வாறு பருவமாற்றங்களால் உண்டாக்கப்படும் படிம அடுக்குகளை வளர்ச்சி வட்டங்களுக்கு ஒப்பிடலாம்; இத்தகைய வட்டங்கள் **படிம அடுக்குகள்** (varves) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஒரு ஆண்டின் சுழற்சியை பிரதிபலிக்கும் எந்தவொரு படிமச் சேர்க்கையையும் படிம அடுக்கு என வரையறுக்கலாம். பனிப்பாறை படிமங்களிலும், பனிப்பாறையற்ற படிமங்களிலும் படிம அடுக்குகள் காணப்படலாம். இத்தகைய படிம அடுக்குகளின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடுவதன் மூலம் எந்தவொரு படிமத்தின் வயதையும் சரியாக நிர்ணயம் செய்யலாம்.

**iv. படிமத்தகைவேகம் மூலம் வயது நிர்ணயிக்கும் முறை:** ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி அல்லது வட்டாரத்தில் ஏற்படும் படிமத் தகைவேகம் நிலையானது என்று ஏற்றுக்கொண்டால் அந்த அடிப்படையில் ஒரு படிமப் பாறையின் சரியான வயதை நிர்ணயம் செய்ய முடியும். இங்கு படிமநிகழ்வின் தகைவேகம், படிமத்தின் தடிப்பு ஆகியவற்றின் விவரங்கள் வயது நிர்ணயத்திற்குத் தேவைப்படுகின்றன. இந்த முறையைப் பயன்படுத்தி முந்தைய புவியியலாளர்கள் புவியின் வயதை நிர்ணயம் செய்ய முயன்றனர் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

**v. கதிரியக்க வயதுக்கணிப்பு முறைகள் (Radiodating methods):** கதிரியக்க அளவீட்டு வயது நிர்ணயம் அல்லது கதிரியக்க வயது கணிப்பு என்று அழைக்கப்படும் இம்முறை தான் பாறைகள், அவற்றில் காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் ஆகியவற்றின் சரியான வயதை நிர்ணயிக்க இதுவரை பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள முறைகளிலேயே மிகவும் சிறந்த, துல்லியமான முறையாகும். கதிரியக்க வயது கணிப்புமுறை ஹென்றி பெக்குரல் கதிரியக்க நிகழ்வைக் கண்டுபித்த பின்பு தான்

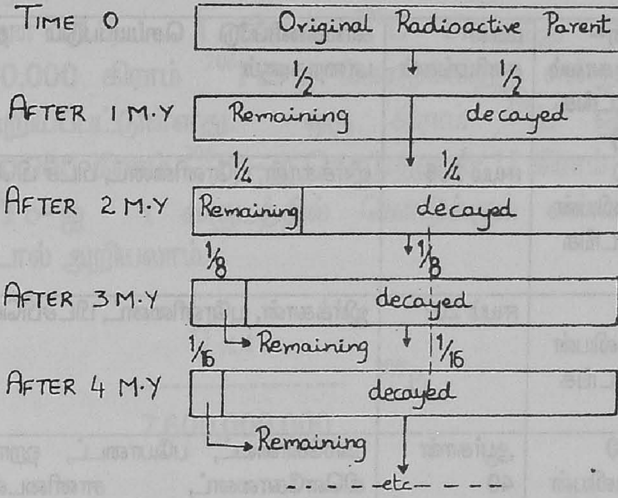
(1896) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஒரு சில இயற்கையான கனிம மூலங்கள் (ores) தன்னிச்சையாக ஆற்றலை வெளியிடக் கூடியத் தன்மையைப் பெற்றுள்ளன என்றும் இந்த ஆற்றல் கதிர்கள் ஒளிபடத் தாள்களைப் பாதிக்கவல்லன என்றும் பெக்குரல் கண்டறிந்தார். பின்னால் இந்த கனிம மூலங்கள் கதிரியக்கக் கனிமங்களைக் கொண்டிருந்தன என்பதும், அவை வெளியிடும் ஆற்றல் கதிரியக்க நிகழ்வால் உண்டாகின்றன என்பதும் அறியப்பட்டன. இதன் பின்பு மேரிகியூரியும் அவரது மகளும் (ஐரீன்குயூ) கதிரியக்கத் தனிமங்கள் பற்றியும் அவற்றை செயற்கையாக உருவாக்கும் முறை பற்றியும் ஆய்வு செய்து வெளியிட்டனர்.

கதிரியக்கம் எவ்வாறு ஏற்படுகிறது என்பதைப் பற்றி நாம் முதலில் அறிந்து கொள்ள வேண்டும். ஒரு அணுவில் மையத்தில் அமைந்த உட்கருவும் (nucleus), அதை சுற்றித் தனிமத்திற்கு ஏற்ப வெவ்வேறு எண்ணிக்கைகளிலும், வட்டங்களிலும், எலக்ட்ரான்களும் (electrons) உள்ளன. அணு உட்கரு புரோட்டான்களையும் (Protons) நியூட்ரான்களையும் (Neutrons) கொண்டது. புரோட்டான்கள் நேர்மின்சுமையையும் (Positive charge) (+). எலக்ட்ரான்கள் எதிர்மின்சுமையையும் (Negative charge) (–) நியூட்ரான்கள் மின்சுமையற்றும் காணப்படுகின்றன. ஒரு தனிமத்தின் அணுவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை அந்தத் தனிமத்தின் அணு எண்ணை நிர்ணயம் செய்கிறது. ஓர் அணுவின் அணு எடை புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் ஆகிய இரண்டின் கூட்டு எடையைக் குறிப்பிடுகிறது. இயற்கையில் ஒரு சில தனிமங்கள் **ஓரகத்தனிமங்களாகக்** (isotopes) காணப்படுகின்றன. இவை ஒரே அணு எண்ணைக் கொண்டவை என்றாலும் அணு எடையில் வேறுபாடுகளைக் கொண்டவை. எடுத்துக்காட்டாக, ஹைட்ரஜனில் உள்ள ஓரகத் தனிமங்கள் டியூட்ரியம் (deutrium), டிரிட்டியம் (tritium) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இவை மூன்றின் (ஹைட்ரஜன், டியூட்ரியம், டிரிட்டியம்) அணு எண் ஒன்றுதான்; ஆனால் அணு எடை மூன்றிலும் வேறுபடுகிறது. இவற்றில் அணு எண்கள் ஒன்றாக இருப்பதால் இவற்றின் வேதியப் பண்புகளும் ஒன்றாகவே இருக்கின்றன. ஓரகத் தனிமங்களுக்கு மற்றொரு எடுத்துக்காட்டாக கார்பன் தனிமத்தைக் குறிப்பிடலாம்: கார்பன் $^{14}C$, $^{13}C$, $^{12}C$. மூன்றாவது வகை இயல்பான கார்பன் ஆகும்; மற்ற இரண்டும்

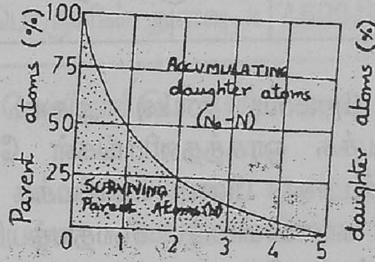
கார்பனின் ஓரகத் தனிமங்களாகும். இயல்பான கார்பனில் 6 புரோட்டான்களும் 6 நியூட்ரான்களும், ($^{14}C$, $^{13}C$)–இல் 6 புரோட்டான்களும், முறையே 8, 7 நியூட்ரான்களும் காணப்படுகின்றன.

ஒரு சில தனிமங்களில் ஓரகத் தனிமங்களைத் தவிர, கதிரியக்க ஓரகத் தனிமங்களும் (radioactive isotopes) காணப்படுகின்றன. ஒரு கதிரியக்க ஓரகத்தனிமத்தின் அணுவிலிருந்து ஆல்ஃபா, பீட்டா, காமா ஆகியத் துகள்களில் (அல்லது அலைகள்) ஏதாவது ஒன்று வெளியிடப்பட்டால் அத்தகைய ஓரகத்தனிமங்கள் கதிரியக்க ஓரகத்தனிமங்கள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. ஒரு கதிரியக்க ஓரகத்தனிமம் எப்பொழுதுமே நிலையற்றதாகும்; அது கதிரியக்க அலைகளை வெளியிட்டு ஒரு நிலையில் நிலையான ஓரகத் தனிமமாக (stable isotope) மாறிவிடும். ஒரு நிலையற்ற ஓரகத்தனிமம் நிலையான ஓரகத்தனிமமாக மாறும் நிகழ்வுக்கு கதிரியக்கம் அல்லது கதிரியக்கச் சிதைவு (decay) என்று பெயர்; இந்நிகழ்வுதான் கதிரியக்க வயது கணிப்பிற்கு அடிப்படையாகத் திகழ்கிறது. கதிரியக்க நிகழ்வின்போது ஆற்றல் பொதுவாக வெப்ப ஆற்றலாக வெளியிடப்படுகிறது. கதிரியக்க வயது கணிப்பின் அடிப்படை என்னவெனில் நிலையற்ற ஓரகத்தனிமம் நிலையான ஓரகத்தனிமமாக மாறுவது ஒரு மாறாத தகை (constant rate) வேகத்தில் நடைபெறுவதுதான். கதிரியக்க ஓரகத்தனிமங்களின் சிதைவு அல்லது மாறுதலின் தகைவேகம் பொதுவாக **அரை–வாழ்காலம்** (half-life) என்ற கருத்துருவின் அடிப்படையில் வெளிப்படுத்தப்படுகிறது. வெவ்வேறு கதிரியக்க ஓரகத்தனிமங்களின் அரை–வாழ்காலமும் தனிமத்திற்கு ஏற்ப எப்பொழுதுமே நிலையானது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கதிரியக்கப்பொருள் அதில் பாதி அளவாகக் குறைக்கப்படுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் கால அளவு அரை–வாழ்காலம் என்று வரையறுக்கப்படுகிறது. கதிரியக்கச் சிதைவும், அரை–வாழ்காலமும் படம் 209 மற்றும் 210–இல் விளக்கப்பட்டுள்ளன. படம் 209–இல் ஒரு மில்லியன் ஆண்டு அரை–வாழ்நாள் கொண்ட ஒரு கற்பனை கதிரியக்க ஓரகத்தனிமத்தின் சிதைவு விளக்கப்பட்டுள்ளது. அட்டவணை 4–இல் கதிரியக்க ஓரகத்தனிமங்கள் கொண்ட பல்வேறு பாறைகளும், கனிமங்களும் [= பெற்றோர் பொருள், Parent material], அவற்றின் அரை–வாழ்காலமும் (மில்லியன் ஆண்டுகளில்), அவற்றிலிருந்து பெறப்படும்

சிதைவுப்பொருளும் [= மகள் பொருள், (daughter material)] குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.




படம் 209: நிலையான தகை வேகத்தில் நடைபெறும் கதிரியக்கச் சிதைவு. பட உதவி: Agashe




படம் 210: கதிரியக்கச் சிதையைக் காட்டும் வரைபடம். பட உதவி: Agashe

அட்டவணை 4: பெற்றோர் கனிமங்கள், அவற்றின் அரை–வாழ்காலங்கள், மகட் கனிமங்கள், பொதுவாக காலக்கணிப்பீடு செய்யப்படும் தனிமங்களும், பாறைகளும் (தகவல் உதவி: (Agashe)

| பெற்றோர் கனிமங்கள் | அரை–வாழ்காலம் (வருடங்களில்) | மகள் கனிமங்கள் | காலகணிப்பீடு செய்யப்படும் தனிமங்களும், பாறைகளும் |
|---|---|---|---|
| யுரேனியம் 238 | 4510 மில்லியன் வருடங்கள் | ஈயம் 206 | ஜிர்க்கான், யுரேனினைட், பிட்ச் பிளெண்டே |
| யுரேனியம் 235 | 713 மில்லியன் வருடங்கள் | ஈயம் 207 | ஜிர்க்கான், யுரேனினைட், பிட்ச்பிளெண்டே |
| பொட்டாசியம் 40 | 1300 மில்லியன் வருடங்கள் | ஆர்கான் 40 | மஸ்கோவைட், பயோடைட், ஹார்ன்ளெண்டே, கிளெகோனைட், சானிடைன், முழு எரிமலைப்பாறை |
| பொட்டாசியம் 87 | 47000 மில்லியன் வருடங்கள் | ஸ்ட்ரான்ஷியம் 87 | மஸ்கோவைட்,பயோடைட்,லெபிடோலைட்,மைக்ரோகிளைன், கிளெகோனைட் மொத்த மாற்று கொள்ளும் பாறை |

தழற்பாறைகளில் (Igneous rocks) அவை உண்டாகும்போது பல்வேறு வகை கதிரியக்க ஓரகத்தனிமங்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன. இந்தப் பாறைகள் உண்டான பின்பு கதிரியக்க ஓரகத்தனிமங்கள் கதிரியக்க நிகழ்வின் காரணமாகச் சிதையத் தொடங்குகின்றன. இத்தகைய பாறைகளின் சரியான வயதைச் சரியாக நிர்ணயம் செய்யமுடியும். எப்படியெனில், கதிரியக்க ஓரகத்தனிமங்கள் இத்தகைய பாறைகளில் சேர்க்கப்பட்ட காலத்திலிருந்து (ஆண்டுகளில்), பெற்றோர் பாறைப்பொருளில் எந்த அளவு மகள் பொருள் இருக்கிறது என்பதை நிர்ணயம் செய்து, அந்த அடிப்படையில் அந்தக் கதிரியக்க ஓரகத்தனிமத்தின் அரை–வாழ்காலம் கொண்டு, அப்பாறையின் சரியான வயதை நிர்ணயம் செய்து விடலாம். பின்வரும் எடுத்துக்காட்டினை வைத்து இம்முறையின்படி எவ்வாறு ஒரு பாறையின் சரியான வயது நிர்ணயிக்கப்படுகிறது என்பதை விளக்கலாம்.

இயற்கையில் மிகச் சாதாரணமாகக் காணப்படும் கதிரியக்க ஓரகத்தனிமம் $^{238}U$ யுரேனியம் ஆகும். இது சிதைந்து நிலையான ஓரகத்தனிமமான $^{206}Pb$ ஈயத்தை (lead) கொடுக்கிறது. $^{238}U$–வின் அரை–வாழ்வுக்காலம் 4510 மில்லியன் ஆண்டுகளாகும் (காண்க: அட்டவணை 4.3). 1 கிராம் $^{238}U$ சிதைந்து ஒரு வருடத்தில் 1/7,600,000,000 கிராம் $^{206}Pb$–ஐ கொடுக்கிறது என்று சோதனைகள் மூலம் அறியப்பட்டுள்ளது. ஒரு கிராம் $^{238}U$ ஒரு வருடத்தில் 1/7,600,000,000 கிராம் $^{206}Pb$–ஐ கொடுத்தால், U கிராம் $^{238}U$ எவ்வளவு கிராம் $^{206}Pb$–ஐ t வருடத்தில் கொடுக்கும் என்பதை பின்வரும் சமன்பாட்டால் அறியலாம்.

$$\frac{U \times t}{7,600,000,000} \quad ^{206}P_b$$

இங்கு t = Pb/U x 7,600,000,000; t என்பது பாறையின் காலம் அல்லது சரியான வயதைக் குறிக்கிறது.

$$\text{எனவே, } t = \frac{\text{மகள் பொருளின் அளவு} \times 7,600,000,000}{\text{பெற்றோர் பொருளின் அளவு}}$$

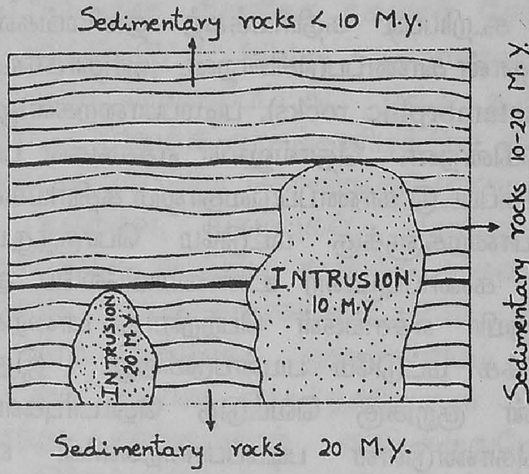
மேற்கூறிய சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி பல இடங்களில் பாறையின் சரியான வயது நிர்ணயம் செய்யப்பட்டுள்ளது. எடுத்துக்காட்டாக, USA-வின் கனெக்டிகட் மாநிலத்தின் பிரான்ச்வில்லே என்ற இடத்தின் யுரேனினைட் (Uraninite) படிகங்களின் சரியான வயது நிர்ணயம் செய்யப்பட்டுள்ளது. இதில் Pb/U விகிதம் 0.050 ஆக உள்ளது; எனவே இந்தப் படிகத்தின் புவியியல் வயது அல்லது t = 0.050 x 7,600,000,000 = 380,000,000 ஆண்டுகள் ஆகும்.

சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் மற்றொரு கதிரியக்க வயது கணிப்பு முறை கதிரியக்க கார்பன் $^{14}C$ முறையாகும். இந்த முறையைக்

கண்டுபிடித்தவர் USA–வின் சிகாகோ நகரைச் சேர்ந்த இயற்பியல் அறிஞரான W.F. லிப்பி (W.F. Libby) என்பவராவார். இதற்காக அவருக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. இந்த ஆய்வு முறை, மிக துல்லியமானதாகவும், கதிரியக்க ஓரகத்தனிமத்தின் சிதைவின் போது ஒரு சில படிநிலைகளை மட்டுமே கொண்டிருப்பதாகவும் இருந்தாலும், அண்மைக்காலப் பாறைகள், நிகழ்வுகள், தொல்லுயிர் எச்சங்கள் போன்றவற்றின் காலத்தை மட்டுமே கணிக்க உதவும். ஏனெனில் கதிரியக்க கார்பனின் அரை–வாழ்காலம் 5730 ஆண்டுகள்தான். கார்பனின் $^{14}C$ என்ற கதிரியக்க ஓரகத்தனிமம் புவியின் மேல் வளிமண்டிலத்தில் நைட்ரஜனின் ஓரகத்தனிமமான $^{14}N$-ஐ காஸ்மிக் கதிர்கள் தொடர்ந்து தாக்குவதால் எப்பொழுதுமே உண்டாகிக் கொண்டிருக்கிறது. இந்தக் கதிரியக்க ஓரகத்தனிமம் ($^{14}C$) இதர கார்பன் ஓரகத்தனிமங்களுடன் ($^{13}C$, $^{12}C$) கார்பன்டை ஆக்சைடில் ($CO_2$ ) சேர்க்கையுறுகின்றன. ஒளிச்சேர்க்கை நிகழ்வின்போது $^{14}CO_2$ வழியாக $^{14}C$ தாவரங்களுக்குள் நுழைகிறது. தாவரம் உயிரோடு இருக்கும்வரை சிதைவடையும் கதிரியக்க $^{14}C$ தொடர்ந்து மாற்றீடு செய்யப்படுகிறது. இதனால் கதிரியக்க $^{14}C$ அளவிற்கும் இயல்பான ஓரகத்தனிமமான ($^{12}C$) அளவிற்கும் இடையே உள்ள தகவு நிலையாக உள்ளது. ஆனால், அத்தாவரம் இறக்கும் போது (அல்லது இத்தாவரத்தை உண்ட விலங்கு இறக்கும் போது) $^{14}C$ அளவின் தகவு குறைகிறது; காரணம் இது சிதைந்து நிலையான $^{14}N$ ஓரகத்தனிமம் உண்டாகிறது. எனவே, கதிரியக்கக் கார்பன் வயதுகள் ஒரு பொருளில் (எடுத்துக்காட்டாக ஒரு பாறையில்) கதிரியக்க கார்பன் அளவிற்கும் இயல்பான கார்பனின் அளவிற்கும் உள்ள தகவினை ஒப்பிட்டு நிர்ணயம் செய்யப்படுகின்றன.

ஏற்கனவே கூறியபடி $^{14}C$–யின் அரை–வாழ்காலம் மிகவும் குறுகியது (5730 ஆண்டுகள்). $^{14}C$–இன் இந்த குறுகிய அரை–வாழ்காலத்தின் காரணமாக, அது உண்டாகி 50,000 ஆண்டுகளுக்குப் பின்பு ஒரு பொருளில் எஞ்சியுள்ள $^{14}C$–இன் அளவு ஏறத்தாழ ஒன்றுமில்லை. எனவேதான், 50,000 ஆண்டுகளுக்குக் குறைவான வயதுடைய பொருட்களுக்கு மட்டுமே $^{14}C$ முறை வயதை நிர்ணயிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எனவே புவியின் அண்மைக்கால, மற்றும் ஹோலோசீன் (Holocene) கால பொருட்களின் வயதை மட்டுமே இம்முறையால் நிர்ணயம் செய்ய முடியும்.

ஏற்கனவே கூறியபடி கதிரியக்கத் தனிமங்கள் பெரும்பாலும் தழற்பாறைகளில் தான் காணப்படுகின்றன. அரிதாகவே அவை மாற்றுரு பாறைகளிலும் (metamorphic rocks), படிமப்பாறைகளிலும் (sedimentary rocks) காணப்படுகின்றன. தொல்லுயிர் எச்சங்கள் படிமப்பாறைகளில் மட்டுமே பாதுகாக்கப்பட்டு காணப்படுவதாலும் கதிரியக்க வயது கணிப்பு முறைகள் தழற்பாறைகளுக்கு மட்டுமே பொருந்தும் என்பதாலும், கதிரியக்க வயது கணிப்புமுறை உண்மையிலேயே தழற்பாறைகளின் அல்லது தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பெற்றிராத பாறைகளின் சரியான வயதை நிர்ணயிக்க மட்டுமே பயன்படுகிறது. இதன் காரணமாக தழற்பாறைகளுடன் குறுக்கு வெட்டுத் தொடர்புகள் (cross-cutting relationships) கொண்டுள்ள படிமப்பாறைகளின் வயதை மட்டும் கதிரியக்க வயது கணிப்பு முறையின் மூலம் நிர்ணயம் செய்யமுடிகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, படம் 211 ஒரு படிமப்பாறையின் வரிசை (10 மில்லியன் ஆண்டுகளை விட அதிகமான வயது கொண்டவை) தழற்பாறையின் 10 மில்லியன் ஆண்டு வயதுவரை உள்நுளைவை (intrusion) கொண்டுள்ளது. இங்கு படிமப் பாறை வரிசை 10 மில்லியன் ஆண்டுகளை விட அதிக வயதானவை என்று அறிவோம் என்றாலும் எவ்வளவு வயது அதிகம் என்பதை அறிய முடியவில்லை. ஆனால் இந்த படிமப்பாறை வரிசை இன்னொரு படிமப்பாறை அடுக்கின்மேல் அமைந்திருந்து அதில் 20 மில்லியன் ஆண்டுகள் வயதான தழற்பாறை ஒன்று உள்நுழைவு பெற்றிருந்தால் முதலில் குறிப்பிட்ட படிமப்பாறையின் வயது 10 முதல் 20 மில்லியன் வருடங்களுக்கிடையேயான வயது ஆகும் என்பது தெளிவு.




**படம் 21t:** தழற்பாறைகளின் வயதோடு ஒப்புநோக்கி படிமப்பாறைகளின் வயதை கணித்தல். விளக்கங்களுக்கு நூலைப் பார்க்கவும். பட உதவி: Agashe

சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் மற்றொரு கதிரியக்க வயது கணிப்புமுறை பொட்டாசியம்–ஆர்கான் முறையாகும். இது **1948**–ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. கதிரியக்க பொட்டாசியம் $^{40}K$ மந்த வளியான ஆர்கான் $^{40}Ar$ ஆக சிதைகிறது; $^{40}K$–இன் அரை–வாழ்காலம் **1.3** பில்லியன் ஆண்டுகளாகும். படிமப்பாறைகளின் சரியான வயதை நிர்ணயம் செய்ய மிகச்சிறந்த முறை இதுவாகும். ஏனெனில் கிளெக்கோனைட் (glauconite) என்ற கனிமத்தில் ($^{40}K$) காணப்படுகிறது. இந்தக் கனிமம் படிமப்பாறையில் சிலிகேட்களுடன் இணைந்து காணப்படுகிறது.

பிளவு பாதையறிதல் (Fission track) முறை மற்றொரு கதிரியக்க வயது கணிப்பு முறையாகும். இது பொதுவாக தொல்லுயிர் எச்ச கட்டைகளின் சரியான வயதை நிர்ணயம் செய்ய பயன்படுத்தப்படுகிறது. யுரேனியம் **238** போன்ற கதிரியக்கத் தனிமங்களின் உட்கருக்கள் தன்னிச்சையான பிளவு அடையும் போது இயற்கையான கனிமங்களில் அவை விட்டுச்செல்லும் பாதைகள் பிளவுப் பாதைகள் எனப்படுகின்றன. பிளவின் விளைவாக உண்டாக்கப்படும் மின்சுமை பெற்ற துகள்கள் ஒரு திடமான பொருளின் (எடுத்துக்காட்டாக இயற்கையான கனிமங்கள்) ஊடே பயணிக்கும்போது, இத்துகள்களிலிருந்து திட ஊடகத்தின் அணுக்களுக்கு அவற்றின் ஆற்றல் மாற்றப்படுகிறது. இதன் காரணமாக

பிளவு பாதை ஊடகத்தில் தெளிவாகத் தெரிகிறது. இந்த பிளவுப் பாதைகளைப் பெரிதாக்கி அவை ஒளி நுண்நோக்கிகளில் தெரியும் அளவிற்கு மாற்ற முடியும் என்று பிரின்ஸ், வாக்கர் (Prince and Walker 1962) ஆகிய இருவரும் கண்டுபிடித்தனர். ஊடகத்தின் பிளவுப் பாதையில் ஆற்றல் மாற்று விளைவால் ஏற்படும் ஓரளவுக்கு கரைந்த பகுதிகளில் தகுந்த கரைப்பான்களைப் பயன்படுத்தி அவற்றை அரித்தல் (etch) செய்து எளிதாகக் காண முடிகிறது.

பிளவு பாதை முறையின்படி கனிமங்களின் வயதைக் கணிக்கும் முறைக்கான முன்தேவை நிலைகள் பின்வருமாறு: (i) யுரேனியத்தின் செறிவு தேவையான அளவில் இருந்தால்தான் கனிமம் குளிர்வடைந்ததிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தில் ஒரு சதுர சென்டிமீட்டருக்கு 10 பாதைகளுக்கு அதிகமான பாதையடர்த்தியை உண்டாக்க முடியும் (ii) அளவிடப்பட வேண்டிய வயதினை ஒப்பிடத் தேவையான கால இடைவெளிகளின் போது பாதைகள் சாதாரண வெப்பநிலைகளில் நிலைத்து இருக்க வேண்டும். (iii) வயது அறியப்பட பொருளில் உள்ளடக்கப் பொருட்களோ (inclusions) குறைபாடுகளோ, அணிக்கோவை இடமாற்றங்களோ (lattice changes) இருக்கக்கூடாது; இவ்வாறு இருந்தால்தான் பிளவுப்பாதைகளை எளிதில் கண்டுணர முடியும். (iv) $^{238}U$-இன் செறிவு பொருளில் ஒரே சீராக இருக்க வேண்டும்.

சிரிவஸ்தவா (Srivastava 1987) பிளவுப் பாதையறிதல் முறையைப் பயன்படுத்தி கிளெக்கோனைட்டின் வயதைக் கணித்துள்ளார். இதன் மூலம் படிமப்பாறைகளின் வயதை அவர் கணித்துள்ளார். தீபகற்ப இந்தியாவின் விந்தியப்பாறை ஒருங்கின் வயதை இம்முறையைப் பயன்படுத்தி அவர் கணித்துள்ளார். இவ்வாறு கணித்த வயது இவருக்கு முன் வேறு முறைகளின் மூலம் கணிக்கப்பட்ட வயதோடு ஒப்பிடும்படி இருந்தது. இந்த முறையைப் பயன்படுத்தி இவரும் இவருடைய சகாக்களும் மத்தியப்பிரதேசத்தின் மண்ட்லா 3மாவட்டத்தின் ஷாபுரா பகுதியிலிருந்து பெறப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்ச, ஒருவிதையிலைத் தாவரக் கட்டையான, *பாமோசைலான் சிதரென்சிஸின்* (*Palmoxylon sitherensis*) வயதை நிர்ணயம் செய்துள்ளனர்; இதன் வயது 54.4 ± 8.1 மில்லியன் ஆண்டுகள் ஆகும் (Srivastava et al 1986). 1990–ஆம் ஆண்டு, இதே ஆய்வாளர்கள் வேறுசில *பாமோசைலான்* கட்டைகளுக்கு

(மத்தியபிரதேசத்தின் மூன்று வெவ்வேறு பகுதிகளிலிருந்து எடுக்கப்பட்டவை) பிளவுப்பாதை முறை வயது நிர்ணயம் செய்தனர் (48 ± 4, 51 ± 6, 45 ± 5 மில்லியன் ஆண்டுகள்). இத்தகைய வயது நிர்ணயங்கள் ஏற்கனவே வேறு முறைகளின் மூலம் நிர்ணயம் செய்யப்பட்ட வயது நிர்ணயங்களோடு பெரிதும் ஒத்திருந்தன என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

கதிரியக்க வயது கணிப்பு முறைகள் பாறைகளின் சரியான வயதை மிக துல்லியமாக நிர்ணயம் செய்ய உதவினாலும், இம்முறையில் பல குறைகளும் உள்ளன. உண்டானவுடன் ஒரு பாறையில் பெற்றோர் பொருள் மகள் பொருள் ஆகிய இரண்டில் கூடுதலோ அல்லது இழப்போ ஏற்படுவதில்லை என்று இம்முறையில் அடிப்படையாக நம்பப்படுகிறது. உண்மையில் பாறையில் பெற்றோர் அல்லது மகள் பொருட்களின் இழப்பு காணப்படுகிறது, குறிப்பாக தொடர் மாற்றுரு நிகழ்வுகளால் (metamorphism).

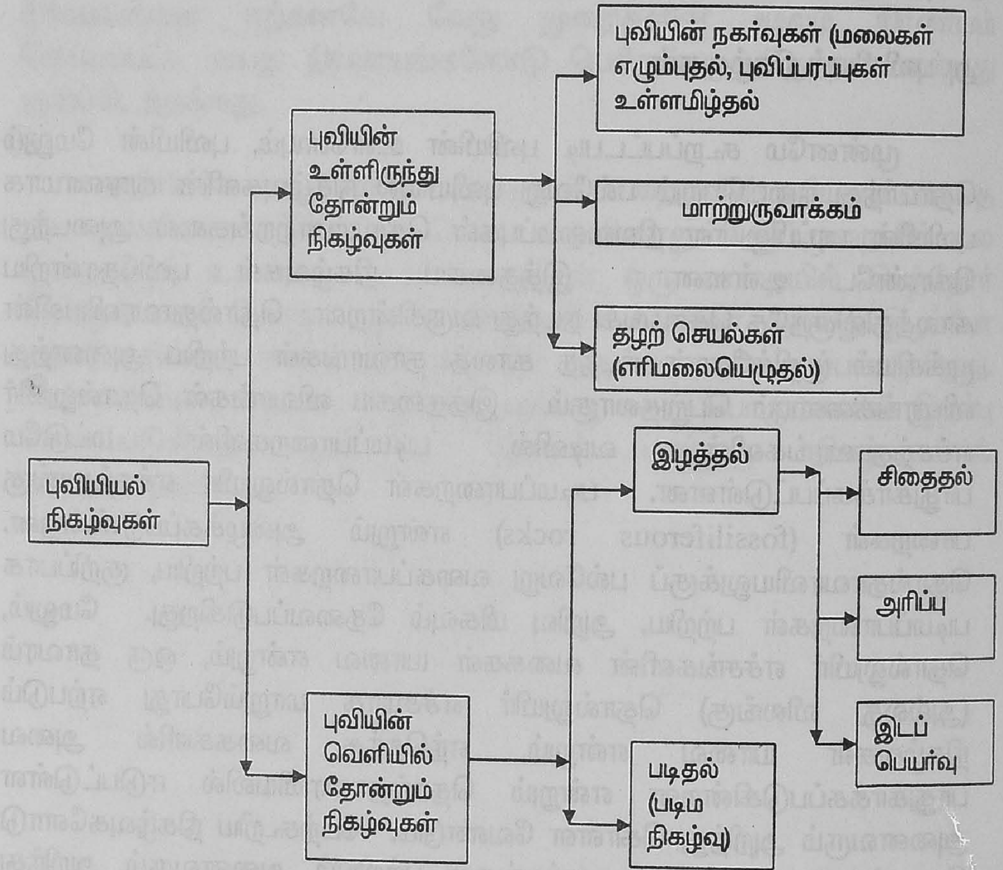
## III. தொல்லுயிர் எச்சமாதலும், தொல்லுயிர் எச்சவகைகளும்

### 1. தொல்லுயிர் எச்சமாதலில் தொடர்புடைய புவியியல் நிகழ்வுகள்

#### அ. புவியியல் நிகழ்வுகள்

முன்னமே கூறப்பட்டபடி புவியின் உள்ளேயும், புவியின் மேலும் தொடர்ந்து நடைபெறும் பல்வேறு புவியியல் நிகழ்வுகளின் காரணமாக புவியின் பரப்பிலுள்ள நிலவமைப்புகள் தொடர்மாற்றங்களை அடைந்து கொண்டே உள்ளன. இத்தகைய நிகழ்வுகள் புவிதோன்றிய காலத்திலிருந்தே தொடங்கி நடந்து வருகின்றன. தொல்தாவரவியலின் முக்கியக் குறிக்கோள் கடந்த காலத் தாவரங்கள் பற்றிய அனைத்து விவரங்களையும் பெறுதலாகும். இத்தகைய விவரங்கள் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களின் வடிவில் படிமப்பாறைகளில் மட்டுமே பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன. படிமப்பாறைகள் தொல்லுயிர் **எச்சத்தாங்கு பாறைகள்** (fossiliferous rocks) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. தொல்தாவரவியலுக்குப் பல்வேறு வகைப்பாறைகள் பற்றிய, குறிப்பாக படிமப்பாறைகள் பற்றிய, அறிவு மிகவும் தேவைப்படுகிறது. மேலும், தொல்லுயிர் எச்சங்களின் வகைகள் யாவை என்றும், ஒரு தாவரம் (அல்லது விலங்கு) தொல்லுயிர் எச்சமாக மாறும்போது ஏற்படும் நிகழ்வுகள் யாவை என்றும், எந்தெந்த வகைகளில் அவை பாதுகாக்கப்படுகின்றன என்றும் தொல்தாவரவியலில் ஈடுபட்டுள்ள அனைவரும் அறிந்து கொள்ள வேண்டும். மேற்கூறிய நிகழ்வுகளோடு தொடர்புடைய புவியியல் மாற்றங்கள் பற்றியும் அனைவரும் அறிந்து கொள்ளவேண்டும். ஒருசில புவியியல் மாற்றங்கள் தொல்லுயிர் எச்சத்தாங்கு பாறைகள் உண்டாவதில் நேரடியாகவும், வேறுசில புவியியல் மாற்றங்கள் மறைமுகமாக தொல்லுயிர் எச்சங்கள் உண்டாவதையும் அவை பாதுகாக்கப்பட்டிருப்பதையும் பாதிக்கின்றன; தொடர்புடைய பல்வேறு புவியியல் நிகழ்வுகள் அட்டவணை 5–இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 5: தொல்லுயிர் எச்சங்களோடு நேரடியாகவோ, மறைமுகமாகவோ தொடர்புடைய புவியியல் நிகழ்வுகள்




தோன்றலின் அடிப்படையில் புவியியல் நிகழ்வுகள் பொதுவாக இரண்டு முக்கியத் தொகுதிகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன: புவியின் பரப்பில் தோன்றும் நிகழ்வுகள், புவிக்கு உள்ளிருந்து தோன்றும் நிகழ்வுகள். புவிக்கு வெளியில் தோன்றும் நிகழ்வுகள் இரண்டு வகைப்படும்: **இழத்தல்** (denudation), **படிதல்** (sedimentation). இழத்தல் நிகழ்வின் மூலம் புவியின் பரப்பிலுள்ள பாறைகளின் பல்வேறு அமைவுப் பண்புகள் வெளிப்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த நிகழ்வில் நிலப்பகுதியில் உருவமாக்கம் (sculpturing) ஏற்படுகிறது; இதைத் தொடர்ந்து இழத்தலின் விளைவாக உண்டான பொருட்களின் நீக்கம் அல்லது பாறை சிதைவு ஏற்படுகிறது. பாறை சிதைவு மூன்று நிலைகளில் ஏற்படுகிறது: பாறை

உடைந்து மண் உண்டாதல் (weathering), அரிப்பு (erosion) பொருட்களின் இடப்பெயர்வு (transportation).

**i. பாறை உடைந்து மண் உண்டாதல்:** பல்வேறு முகவிகள் மூலம் பாறை உடைந்து துண்டுகளாகவும், மண்ணாகவும் மாறுதல்; பாறையில் உள்ள கனிமங்கள் ஒரு சில கரைக்கப்படுகின்றன. இந்நிகழ்வு காற்று, நீர் போன்றவற்றாலும், தாவரங்களாலும், இயல்பாகத் தோன்றும் வேதிப்பொருட்களாலும் (அமிலங்கள்) ஏற்படலாம்.

**ii. அரித்தல்:** உடைக்கப்பட்ட/சிதைக்கப்பட்ட பாறைப்பொருட்கள் இந்நிகழ்வின் மூலம் வேறு இடங்களுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. இந்நிகழ்வின் மூலம், பெரிய பாறைத்துண்டுகள் மேலும் சிறிய துண்டுகளாக மாற்றப்படுகின்றன.புவியின் பரப்பில் ஏற்படும் மிக முக்கியமான புவியியல் நிகழ்வு இது தான்; மக்களின் செயல்களை அதிகம் பாதிப்பதும் இதுதான். மிக அதிகமான அரித்தல் நிகழ்வு நிலவமைப்பையே மாற்றிவிடுகிறது. ஆற்று நீரின் அரிப்புச் செயலினால் பள்ளத்தாக்குகள் (valleys) உண்டாகின்றன. மிக அழகான இயற்கை அமைப்புகள் ஒருசில அரிப்பினால் ஏற்பட்டுள்ளன (எ.கா. கிராண்ட் கேன்யான்–USA). தொல்தாவரவியல் நோக்கில் பார்க்கும்போது அரிப்பு ஒரு மிக முக்கியமான நிகழ்வாகத் திகழ்கிறது; ஏனெனில் இதன் மூலம் மறைந்திருந்த பல தொல்லுயிர் எச்சங்கள் வெளிக்கொணரப்பட்டுள்ளன. மேலும் அரித்தல் இருந்தால்தான் படிமமும், படிமப்பாறைகள் தோன்றுவதும் நடைபெறும்.

**iii. இடப்பெயர்வு:** அரிப்பினால் ஏற்பட்ட பாறைத் துண்டுகளும், மண்ணும் பல்வேறு இடப்பெயர்வு முகவிகளால் வேறு இடங்களுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றன. இந்த முகவிகளில் முக்கியமானவை காற்று, நீர், மழை, ஆறுகள், ஓடைகள், இடப்பெயர்வடையும் பனிக்கட்டி அல்லது பனிப்பாறைகள் போன்றவையாகும். இவ்வாறு இடப்பெயர்வு அடைந்த பொருட்கள் வேறு இடங்களில் படிந்து, படிமப்பாறைகளை அல்லது அடுக்குகளை உருவாக்குகின்றன.

**iv. படிதல்:** அரித்து, இடப்பெயர்வு அடைந்த பாறைத்துண்டுகளும், மண்ணும் தகுந்த இடங்களில் இடம்பெறுதல் படிதல் எனப்படும். படிதல்

அடைந்த பொருட்கள் ஓரளவுக்குத் திடமடைந்தால் (அழுத்தத்தினால்) படிமப்பாறைகள் உண்டாகின்றன. இயற்கையில் அரித்தல், படிமமடைதல் ஆகிய இரண்டும் தொடர்ந்து சுழற்சியுறுகின்றன.

இழத்தல் நிகழ்வு படிம நிகழ்வால் தொடரப்படுகின்றது. ஓரிடத்தில் இழக்கப்பட்ட பாறைப் பொருட்கள் மற்றொரு இடத்தில் படிமமடைகின்றன. தொல்லுயிர் எச்சப்பாறை உண்டாதல் படிமப்பாறைகளில் மட்டுமே நடைபெறுவதால் படிதல் மிகவும் முக்கியமான நிகழ்வாக தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களால் கருதப்படுகிறது. படிதல் பொதுவாக வீழ்ப்படிவாக புவிஈர்ப்பு விசையின் மூலம் நடைபெறுகிறது; இடப்பெயர்வு முகவியின் திசைவேகக் குறைப்பினாலும் படிதல் தொடங்குகிறது. படிதல் பொருட்கள் மணல் அல்லது மண்ணாகவோ, பாறைத்துண்டுகளாகவோ, தாவரம், விலங்குகள் ஆகியவற்றின் அழிவினால் சிதைந்து வீழ்ப்படியும் கரிமப்பொருட்களாகவோ (சதுப்புக்கரி அல்லது நிலக்கரி) அல்லது நீர்ப்பிராணிகளின் ஓடுகளாகவோ (சுண்ணாம்புப்பாறை) இருக்கலாம். படிதல் சாதாரணமாக நடைபெறும் களங்கள் ஆறுகளின் வாய்கள் (கடலோடு கலக்கும் இடங்கள்), சமவெளிகள் (deltas), ஏரிகள், குளங்கள், ஆறுகள், ஓடைகள், கடல் படுகைகள் போன்றவை ஆகும். படிதல் ஒரு தொடர்ச்சியான இயற்கை நிகழ்வாகும்; பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்த நிகழ்வாகும்; நிலப்பகுதியை அதிகமாக்கும் ஒரு நிகழ்வாகும்.

புவியின் உள்ளே தோன்றும் புவியியல் நிகழ்வுகள் புவிப்பகுதிகளின் நகர்வுகள் (earth movements), மாற்றுருவாக்கம் (metamorphosis), தழற்செயல்கள் (igneous activities) போன்றவையாகும். புவிப்பகுதிகளின் நகர்வுகள் புவிப்பரப்பு எழும்பி மலைகள்/குன்றுகள் தோன்றுவதையும், புவியின் பரப்பில் குழிவுகள் ஏற்படுவதையும், புவி ஓடுகள் இடம்பெயர்வதையும், மடிப்புகள் (folding) தோன்றுவதையும், பாறைத்தொகுப்பு உடைதலையும் (faults), புவி அதிர்வு அடைவதையும், பூகம்பம் உண்டாதலையும் சுட்டுகின்றன. இந்தப் புவி அகநிகழ்வுகள் தொல்லுயிர் எச்சம் உண்டாவதில் நேரடியாகத் தாக்கத்தை ஏற்படுத்தாவிடினும், படிகப்பாறைகள் உண்டாவதற்கான மூலப்பொருட்களை உண்டாக்குகின்றன.

மாற்றுருவாக்கம் ஏற்கனவே உள்ள பாறை வகைகளைப் புதிய வகைப் பாறைகளாக மாற்றும் நிகழ்வாகும். இந்த மாற்றுருவாக்கத்தில் மிக அதிக அளவு வெப்பம், அழுத்தம், இழுவிசைகள், வேதிப்பொருட்கள் போன்ற காரணிகள் செயல்படுகின்றன. எரிமலைப் பாறைகளும், படிமப்பாறைகளும் மாற்றுருவாக்கக் காரணிகளின் தாக்கங்களுக்கு உட்படுகின்றன. இந்நிகழ்வு தொல்தாவரவியல் நோக்கில் ஒரு அழிவுச் செயலாகும்; ஏனெனில் தொல்லுயிர் எச்சங்களைத் தாங்கியுள்ள படிமப்பாறைகள் பல மாற்றுருவாக்கம் பெறுவதால் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் அழிந்து விடுகின்றன.

தழற்செயல்கள் எரிமலை வெடிப்பு, எரிமலைக் குழம்பு (lava), வழிகள் வெளியேற்றம், புவியினுள் தோன்றி எரிமலை மூலம் வெளியேற்றப்படும் இதரபொருட்களின் வெளியேற்றம் போன்றவற்றின் காரணமாக ஏற்படுகின்றன. தழற்செயல் காரணமாக ஏற்பட்ட எரிமலைக்குழம்பு குளிர்ந்து, நெருக்கமடைந்தவுடன் தழற்பாறை உண்டாகிறது. இந்த நிகழ்வும் நேரடியாக தொல்லுயிர் எச்சம் உண்டாதல் நிகழ்வில் பங்கு கொள்வதில்லை என்றாலும் தழற்பாறை உண்டாவதில் பங்கு பெறுவதால் மறைமுகத்தாக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. ஏனெனில், தழற்பாறையின் அரிப்பால்தான் படிமப் பொருட்கள் ஏற்பட்டு படிமப்பாறைகள் உண்டாகின்றன.

**ஆ. படிமப் பாறைகள்**

புவியியல் நிகழ்வான படிமமாதலின் விளைவாக ஏற்படும் முடிவுப்பொருள் படிமப்பாறை உண்டாதல் ஆகும். வீழ்ப்படிந்த பொருட்கள் அடியில் தங்கி, ஒன்று திரண்டு, நெருக்கமாகி படிமப்பாறையை உண்டாக்கலாம். புவியின் ஓட்டில் உள்ள தழற்பாறைகளின் பருமன் அளவில் (volume) 1/10 மடங்கு பருமன் அளவில் படிமப் பாறைகள் புவியில் காணப்படுகின்றன. பரப்பு– வெளிப்படுத்தப்பட்ட பாறைகளை மட்டும் எடுத்துக்கொண்டால் படிமப்பாறைகள் நிலப்பரப்பில் 75 விழுக்காட்டில் காணப்படுகிறது.

படிமப்பாறைகள் உண்டாவதில் பங்குபெறும் படிமநிகழ்வு இரண்டு முக்கிய படிநிலைகளில் நடைபெறுகிறது: படிமத் திரட்சியடைதல்

(lithification), **பிணைப்புறுதல்** (cementation). படிமத் திரட்சியடைதல் படிநிலையில், பாறை உண்டாக்கும் படிமப் பொருட்கள் நெகிழ்வான அல்லது திரட்சியடையாத நிலையிலிருந்து திரட்சியடையும் நிலையை அடைகின்றன. இரண்டாவது படிநிலையில் தனித்தனிப் பாறைத்துகள்கள் ஒன்று பிணைக்கப்படுகின்றன. பிணைக்கும் பொருட்களாக களிமண், கால்சைட் துகள்கள், இரும்பு ஆக்சைடு போன்றவை செயல்படுகின்றன.

படிமப்பாறைகள் தனிப்பட்ட அடுக்குகள், பட்டைகள் அல்லது படலங்களால் உண்டாகியுள்ளன. எனவே, ஒரு படிமப்பாறையை அதன் படுகைத் தளத்தில் ஒரு சுத்துளியால் அடித்தால் எளிதில் உடைத்து திறக்கலாம். படிமப்பாறைகள் இரண்டாம் நிலைப் பாறைகள் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. படிமப் பாறைகள் அவை உண்டாகும் முறையின் அடிப்படையில் மூன்றாக வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன: **துண்டுகளாலான படிமப்பாறைகள்** (clastic sedimentary rock). **வேதியவீழ்ப்படிவு படிமப்பாறைகள்** (chemical precipitate sedimentary rocks), **கரிம படிமப்பாறைகள்** (organic sedimentary rocks) முதல்வகை ஏற்கனவே இருந்த பாறைகளின் துண்டுகளால் ஆனது; இந்தத் துண்டுகள் வேறிடத்திலிருந்து இடப்பெயர்வு அடைந்து பெற்றவையாகும். தனித்தனி பாறைத்துகள்களின் அளவுகளை வைத்து இப்பாறைகள் மேலும் வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இவ்வகைகளில் முக்கியமானவை மணற்கற்கள் (sandstones), மென்பாறைகள் (shales) போன்றவையாகும். வேதிய வீழ்ப்படிவு படிமப்பாறைகள் ஏற்கனவே இருந்த பாறைகளின் வேதிப்பொருட்கள் வீழ்படிவு அடைந்து திரட்சியடைவதின் மூலம் பெறப்பட்டவையாகும். நீர் ஆவியாதல் மூலமும் அதில் கரைந்துள்ள வேதிப்பொருட்கள் கீழேபடிந்து இவ்வகைப் படிமப்பாறைகள் தோன்றலாம். தாவரங்களிலிருந்தும், விலங்களிலிருந்தும் கால்சியம் கார்பனேட், மக்னீசியம் கார்பனேட் போன்றவை வீழ்ப்படிந்து இவ்வகைப் பாறைகளை உருவாக்கலாம். இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு சுண்ணாம்புக்கல் (limestone) ஆகும். கரிமப் படிமப்பாறைகள் ஒரு காலத்தில் வாழ்ந்த தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவை இறந்தபின் அவற்றின் எச்சங்களால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவை மிகவும் சிறந்த தொல்லுயிர் எச்சத்தாங்கிப் பாறைகளாகத் திகழ்கின்றன. மிகவும் பொருளாதார முக்கியத்துவம் வாய்ந்த படிமப்பாறைகளும் இவைதான். ஏனெனில்,

ஹைட்ரோகார்பன்கள் போன்ற பல்வேறு வேதிப்பொருட்கள் இப்பாறைகளில் சேமிக்கப்படுகின்றன. கரிமப் படிமப்பாறைகள் அவற்றில் உள்ள கரிமப்பொருளின் அடிப்படையில் முதலில் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன; இரண்டாவதாக, இவற்றில் உள்ள கரிமப்பொருட்கள் எவ்வாறு சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன என்பதைப் பொருத்தும் பின்பு அவை எவ்வாறு மாற்றமடைகின்றன என்பதைப் பொருத்தும் வகைப்பாடு செய்யப்படுகின்றன. சுண்ணாம்புக்கல் மிகவும் சாதாரணமாகக் காணப்படும் படிமப்பாறையாகும். சுண்ணாம்புக்கல் படிமப்பாறை தமிழ்நாட்டின் அரியலூர் பகுதியில் மிக அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. சிலிக்கா அதிகமுள்ள சுண்ணாம்புக்கல் படிமப்பாறை ‘சாக்’ (chalk) எனப்படுகிறது; இதில் சிலிக்கா டையடம்கள் (diatoms) என்ற ஒரு செல் பாசிகளால் கொடுக்கப்படுகிறது. அதிக சிலிக்கா கொண்ட படிகப்பாறை டயடம் கொண்ட மண் (diatomaceous) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. நிலக்கரி மற்றுமொரு முக்கியமான, சாதாரணமான படிமப்பாறையாகும். இது தாவர சிதைவுப் பொருட்களாலான தொல்லுயிர் எச்சமாகும்; இந்தச் சிதைவுப்பொருட்கள் பல்வேறு கனிமங்களால் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. மூன்று வகை நிலக்கரிப்படிமப் பாறைகள் உள்ளன: சதுப்புக்கரி (peat) (மிகவும் குறைவாக மாறுபாடடைந்த தாவரத்துண்டுகள் களிமண் துகள்களால் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டுள்ள படிமப்பாறை; மிகவும் அண்மைகாலத்தில் தோன்றிய பாறை), பழுப்பு நிலக்கரி (lignite) சதுப்புக்கரியை (peat) விட பழமையானது; தாவரத்துண்டுகள் பெருமளவு மாற்றமடைந்துள்ளன), கருப்பு நிலக்கரி (மிகவும் பழமையான படிமப்பாறை; மிகவும் மாற்றமடைந்துள்ள தாவரத்துண்டுகள் களிமண்ணுடன் கலந்து காணப்படுகின்றன). இந்த மூன்றுமே தொல்லுயிர் எச்சங்களாகக் கருதப்படுகின்றன. ஏனெனில், இவற்றில் அதிக அளவு கரிமப்பொருட்கள் காணப்படுகின்றன.

**2. தொல்லுயிர் எச்சத்தாவர அமைவு வகைகளும் அவற்றை ஆய்வு செய்யும் முறைகளும்**

முன்னமே குறிப்பிட்டபடி தாவரங்களின் பரிணாம வளர்ச்சியின் வரலாற்றை அறிய தொல்லுயிர் எச்சங்கள் மிகுந்த உறுதுணையாக உள்ளன. எனினும், தொல்லுயிர் எச்சங்களின் பற்றாக்குறை காரணமாக இவ்வரலாற்றை முழுமையாக அறிய முடியவில்லை. இந்தப்

பற்றாக்குறைக்கு முக்கியக் காரணம் தொல்லுயிர் எச்ச உருவாக்கத்திற்குத் தேவைப்படும் ஒரு சில குறிப்பிட்ட சூழல்நிலைகள் காணப்படாமைதான். எனவே, இப்புவியில் முன்னால் வாழ்ந்த மொத்த தாவரங்களில் 1/10 தாவரங்கள்கூட தொல்லுயிர் எச்சங்களாக தம்முடைய பதிவினை ஏற்படுத்தவில்லை. உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் வெவ்வேறு வகைகளில் பாதுகாக்கப்பட்டு காணப்படுகின்றன. ஒரு சில நல்லவகையில் பாதுகாக்கப்பட்டும் ஒரு சில தகுந்த முறையில் பாதுகாக்கப்படாமலும் அமைந்துள்ளன.

இதே அத்தியாயத்தின் முன்பகுதியில் படிமமாதல் நிகழ்வும், படிமப்பாறைகள் உருவாதலும் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பாதுகாப்பாக அமைவதற்கு மிகவும் அவசியமான முன்தேவைகளாக உள்ளன என்று எடுத்துக்காட்டப்பட்டது. எனவே, தொல்லுயிர் எச்சங்கள் உருவாகத் தேவைப்படும் முதன்மையான, முக்கிய நிலைமை மிகவும் வீரியமாகப் படிமமாக்கம் நடைபெறும் களத்திற்கு அருகில் தாவரத்தொகுப்பு (vegetation) காணப்படவேண்டும். இந்த நிலைமை காணப்படாமல் இருந்தால், தாவரங்களும் அதன் பல்வேறு உறுப்புகளும் மிகவும் வீரியமாகப் படிமமாக்கம் நடைபெறும் களத்திற்கு இடப்பெயர்வு அடைய வேண்டும். பள்ளத்தாக்குப் பகுதிகளில் இருந்த தாவரத்தொகுப்பின் தாவரங்கள் தொல்லுயிர் எச்சமாக மாற அதிக வாய்ப்புகள் உள்ளன; ஏனெனில் அவை வீரியமாக படிமமாக்கம் நடைபெறும் களத்திலேயே எப்பொழுதுமே உள்ளன. தொல்லுயிர் எச்சங்கள் உருவாக இரண்டாவது முக்கிய நிலைமை, தாவரங்களும், தாவர உறுப்புகளும் சிதைவடைவதற்கு முன்பாக படிம அடுக்குகளால் உடனே மூடப்பட வேண்டும். மூன்றாவது முக்கிய நிலைமை படிமமடையும் பொருட்களின் தன்மையாகும். மிக நுண்ணியத் துகள்கள் கொண்ட படிமப்பொருட்களில் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் நன்கு உண்டாகின்றன.

மேலே விவரிக்கப்பட்ட மூன்று நிலைமைகளும் தாவரங்கள் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறுவதற்கும் நன்கு பாதுகாக்கப்படுவதற்கும் மிகவும் தேவையாகும். குறிப்பாக **படிவங்கள்** (impressions), **அழுந்தியங்கள்** (compressions), **முப்பருமான நகல்கள்** (moulds), **வார்ப்புருக்கள்** (casts), **'மம்மியாதல்'** (mummification) போன்ற தொல்லுயிர்எச்ச வகைகளாக மாறுவதற்கு. ஆனால், தாவரங்களைக்

**கல்லாகச்சமைதல்**–களாக (petrifaction) மாற்றுவதற்கு (இது ஒரு மிக முக்கிய தொல்லுயிர் எச்சமாகும் முறையாகும்), தாவர உறுப்புகள் கட்டாயமாக ஒரு ஏரி, குளம் அல்லது பெரிய நிலையான நீர் நிலைக்கு இடப்பெயர்வு அடைய வேண்டும்; இந்த நீர்நிலைகளில் தான் கரைந்த கனிமங்களான சிலிகேட்கள், கார்பனேட்கள், பைரைட்டுகள் போன்றவை மிக அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. மேற்கூறப்பட்ட அனைத்து நிலைமைகளின் முக்கியக் குறிக்கோள் பாக்டீரிய, பூஞ்சை செயல்களினால் தாவர உறுப்புகள் சிதைவடையாமல் அல்லது அழியாமல் எவ்வளவு முழுமையாகப் பாதுகாக்கப்பட வேண்டுமோ அவ்வளவு முழுமையாகப் பாதுகாப்பதுதான்.

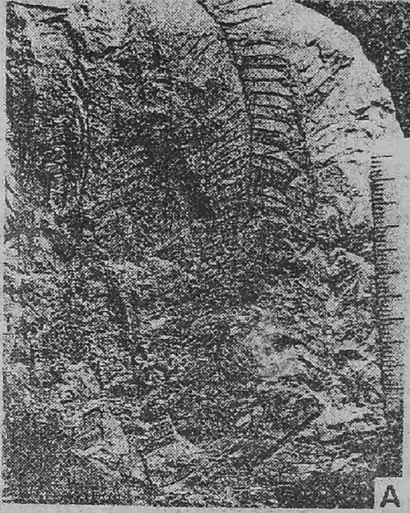
மேற்கூறிய அனைத்து நிலைமைகளும் காணப்பட்டாலும், தாவரங்கள் நன்கு தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாற்றப்பட்டு பாதுகாக்கப்பட்டாலும், தொல்லுயிர் எச்சத் தாவரங்கள் தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களுக்கு ஆய்வுக்காக கிடைப்பதில் பல சிக்கலான படிநிலைகள் உள்ளன என்பதை அனைவரும் புரிந்து கொள்ளவேண்டும். முன்னமே கூறியபடி, இது தொடர்பான முக்கியப் பங்கினை அரிப்பு வகிக்கிறது. பரப்பிற்கு வெளிக்கொணரப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சங்களை உடனே சேகரிக்காவிட்டால் அவை அரிப்பினால் துண்டாகலாம் அல்லது முழுவதும் அழிந்துவிடலாம்.

படிகப்பாறைகளில் தாவரங்கள் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறி பாதுகாக்கப்படும் முறைகள் பல்வேறு வகைப்படும். சிலநேரங்களில் ஒரே தாவர உறுப்பு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட முறைகளில் தொல்லுயிர் எச்சங்களாகப் பாதுகாக்கப்படலாம். ஒவ்வொரு வகை தொல்லுயிர் எச்சமும் மூலதாவரங்களைப் பற்றிய குறிப்பிட்டத் தகவலை அளிக்கவல்லன. பல்வேறு வகையான தொல்லுயிர் எச்சங்களும் அவற்றை ஆய்வு செய்ய பயன்படுத்தப்படும் முறைகளும் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

**அ. படிவங்கள்**

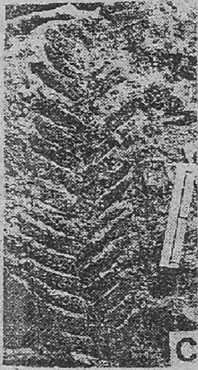
படிவ தொல்லுயிர் எச்சம்தான் பல்வேறு வகையான படிமப்பாறைகளான, மென்பாறைகள் (shales), மண் கல் பாறைகள்

(sandstones) சுண்ணாம்புக் கல் பாறைகள் (limestones) போன்றவற்றில் மிகச் சாதாரணமாகக் காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்ச வகையாகும். இவ்வகையின் பெயரே சுட்டுவதுபோல், இவ்வகைத் தொல்லுயிர் எச்சத்தில் ஒரு தாவரப் பகுதியின் படிவம் படிமப்பாறையின் மீது அழுந்தி பொறிக்கப்படுகிறது. இதில் தாவரத்தின்/தாவர உறுப்பின் உள்ளமைப்பு காணப்படாது; புறப்பண்புகள் மட்டுமே காணப்படும். படிமப்பாறைகளில் பாறை அடுக்குகள் உண்டாகும் படுகைத் தளத்தில்தான் (bedding plane) படிவத் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் காணப்படும். ஒரு தாவரப்பகுதி படிமநிகழ்வு நடைபெறும் களத்தில் விழுந்தாலோ அல்லது வேறு இடத்திலிருந்து இடப்பெயர்வு அடைந்தாலோ, உடனே அதன்மேல் நெகிழ்வான நிலையில் உள்ள படிமப்பொருளின் அல்லது மண்ணின் ஓர் அடுக்கு அதன்மேல் படிந்து மூடப்படுகிறது. இந்தப் படிம அடுக்கின் மூலம் பாதுகாக்கப்பட்ட தாவரப்பகுதி மேன்மேலும் படியும் படிமப்பொருள் அடுக்குகளால் முதலில் அமுக்கத்திற்கு உட்படுகிறது. நெகிழ்வான படிமப்பொருள் நெருக்கமாக்கப்படுவதற்கு முன்பு இந்நிகழ்வு நடைபெறுகிறது. பாக்டீரிய, பூஞ்சைச் செயல்கள் உடனே தொடங்கி, தாவரத்தின் கரிமப்பொருட்கள் சிதைக்கப்படுகின்றன. பின் நீர் ஆவியாவதால், படிமஅடுக்கு நெருக்கமாக திரட்சியடைகிறது. இதன் காரணமாக தாவர உறுப்பின் படிவம் பாறை அடுக்கின் பரப்பில் பொறிக்கப்படுகிறது. எனவே படிவ வகைத்தொல்லுயிர் எச்ச உருவாதல் நிகழ்வு படிமநிகழ்வு நடைபெறும்போதே, அதாவது படிமப்பாறை உருவாகும்போதே ஏற்படுகிறது. பொதுவாக இலைகள் தான் மிகச் சாதாரணமாகப் படிவ வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களாகக் காணப்படுகின்றன (படம் 212A-E) என்றாலும் வேர்கள், தண்டுகள், கனிம உறுப்புகள் போன்றவைகளும் படிவ வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களாகக் காணப்படலாம்.
















படம் 212: A-E. படிவ வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்கள். A,C. *டிலோஃபில்லம்* B. *டிரோஃபில்லம்* D. *எலட்டோகிளாடஸ்.* E. *டிக்டியோஜாமைட்டஸ்.* பட உதவி: Bose and Banerjee

இந்தியாவில் படிவவகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களுக்கு மிகச் சாதாரண எடுத்துக்காட்டுகளாக *கிளாசாப்டெரிஸ், கங்கமாப்டெரிஸ், டிலோஃபில்லம்* போன்றவற்றைக் குறிப்பிடலாம். இவை மென்படிவப்பாறைகளில் பொதுவாகக் காணப்படுகின்றன. படிவ வகைத் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் மிக நுண்ணிய துகள்கள் கொண்ட படிமப்பாறைகளில் சிறப்பாக உண்டாக்கப்படுகின்றன. பாறையின் பரப்பு நிறத்திற்கும் படிவவகை தொல்லுயிர் எச்சத்தின் நிறத்திற்கும் மிகவும்

நல்ல வேறுபாடு பொதுவாகக் காணப்படுகிறது. படிவவகை தொல்லுயிர் எச்சங்களில் உருவம், அளவு, சுற்றுவரம்பு (outline) போன்றவை மட்டுமே பெரும்பாலும் அறியப்படுகின்றன என்றாலும் நன்கு பாதுகாக்கப்பட்ட படிவவகைகளில் இலையில் நரம்பமைப்பு மிகவும் தெளிவாக காணப்படுகிறது (படம் 151 A-C).

படிவவகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களை ஆய்வு செய்ய சிறப்பான சோதனை முறைகள் பொதுவாகத் தேவைப்படுவதில்லை. பரப்புப் பண்புகள் பற்றிய ஆய்வினை எளிதாக நுண்நோக்கிகள் மூலம் மேற்கொள்ளலாம். ஆனால், பாறையிலிருந்து தொல்லுயிர் எச்சத்தை சிறப்பாக வேறுபடுத்த அதன்மேல் வன்மெழுகு எண்ணெய் (paraffin oil), சைலீன் அல்லது நீரை ஊற்றி, துடைக்க வேண்டும். இலையின் பரப்புப் பண்புகளை ஆய்வு செய்ய உரித்தல் (peeling) தொழில்நுட்ப முறையைப் பயன்படுத்தலாம். செல்லுலோஸ் அசிடேட், தெர்மோகோல் போன்ற பொருட்களைத் தகுந்த கரைப்பானில் கரைத்து அதனைத் தொல்லுயிர் எச்சப்பரப்பின் மேல் தடவினால் கரைப்பான் ஆவியாகி ஒரு மென்படலம் உண்டாகும்; நிறமற்ற நகப்பூச்சுப் பொருளையும் இதற்காகப் பயன்படுத்தலாம். இதில் தொல்லுயிர் எச்சத்தின் புறப்பரப்பு பண்புகளின் படிவம் எடுக்கப்படும். பின்பு இந்த படலத்தை உரித்தெடுத்து நுண்நோக்கியில் ஆய்வு செய்யலாம். இலையின் இலைத்துளைகள், புறத்தோல் செல்களின் பண்புகள் போன்றவற்றை எளிதில் அறிந்து கொள்ளலாம். இதற்கு மிகச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாக, ஃபுளோரின் (Florin) தொல்லுயிர் எச்ச சைகடுகளின் இலைகளின் இலைத்துளைத் தொடர்பாக மேற்கொண்ட ஆய்வுகளைக் குறிப்பிடலாம் (காண்க.. பக்கம் .........)

ஆ. அழுந்தியங்கள்

இரண்டாவது மிகச்சாதாரணமாகக் காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்சம் தோன்றும் முறை இதுவாகும். தொல்தாவரவியல் நோக்கில் பார்க்கும்போது அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சங்கள் படிவவகை தொல்லுயிர் எச்சங்களைவிட மிக முக்கியமானவையாகும். ஏனெனில், இவ்வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் தாவரத்தைப் பற்றிய மிக அதிக அளவு தகவல்களைக் கொடுக்கின்றன. தொல்லுயிர் எச்சமாக்கக்

களமும், எச்சமாக்க முறையும் படிதல்வகை, அழுந்திய வகை ஆகிய இரண்டிலும் அடிப்படையில் ஒரே மாதிரியானவை. எனினும், அழுந்திய வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களில் தாவர உறுப்பின் கரிமப்பகுதியும், ஓரளவுக்கு மாறுபட்ட வடிவத்திலிருந்தாலும், நன்கு பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளது. படிமமாக்கம் நடைபெறும் களத்தில் ஒரு தாவரப்பகுதி விழும்போது, அது உடனே மிக நுண்ணியத் துகள்களாலான படிம அடுக்கினால் மூடப்படுகிறது. இங்கு பாக்டீரிய, பூஞ்சை செயல்களின் மூலம் ஏற்படும் சிதைவு தடுக்கப்படுகிறது. மேன்மேலும் படியும் படிம அடுக்குகளால் தாவர உறுப்பு நன்கு அழுத்தப்படுகிறது. இந்நிகழ்வின் போது நீரும் இதர வளிப்பொருட்களும் தாவர உறுப்பிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டு, உறுப்பு தட்டையாக மாறுகிறது (படம் 139). களிமண்ணிலும், மென் பாறைகளிலும் அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சங்கள் நன்கு பாதுகாக்கப்படுகின்றன. நன்கு நெருக்கமாக திரட்டப்பட்ட எரிமலைச் சாம்பலிலும் அழுந்தியத் தொல்லுயிர் தாவர எச்சங்கள் காணப்படுகின்றன.

முன்னமே குறிப்பிடப்பட்ட டையோடமைட் என்ற சிறப்புவகை படிமப்பாறை (இதில் சிலிக்கா மிக அதிகமாகக் காணப்படுகிறது) டையடம்களின் செல்சுவர்களின் அழுந்தியங்களால் ஏற்படுகின்றன; இப் பாறையே ஒரு சிறப்புவகை அழுந்தியத் தொல்லுயிர் எச்சமாகும். *கிளாசாப்டெரிஸ், கங்கமாப்டெரிஸ், வெர்டபிரேரியா* போன்ற அழுந்திய வகைத் தொல்லுயிர் தாவர எச்சங்கள் கீழ் கோன்ட்வானா பாறை அடுக்குகளில் காணப்படுகின்றன. களிமண் நிறைந்த மென்படிமப் பாறைகளில் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் இலைகள் பலவற்றின் அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சங்கள் காணப்படுகின்றன. இங்கிலாந்தின் யார்க்ஷயரின் ஜுராசிக் படுகைகளில் *கெய்டோனியா*வின் நன்கு பாதுகாக்கப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சங்கள் ஹாம்ஷா தாமஸ் (Hamshaw Thomas 1925) என்பவரால் எடுக்கப்பட்டன.

மென்பாறைகளில் உண்டாக்கப்பட்டுள்ள அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சங்களை எளிதில் பொறுக்கி எடுக்கலாம். படிதல் பாறைகள் போலவே இவற்றையும் உருப்பெருக்கு வில்லைகள் உதவியுடனும், எளிய நுண்நோக்கி உதவியுடனும் ஆய்வு செய்யலாம். படிகப்பாறையின் தளத்திற்கும் அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்திற்கும் இடையே உள்ள வேறுபாட்டை அதிகரிக்க கன்மெழுகு எண்ணெய் கொண்டு மூழ்கி

துடைக்க வேண்டும். பல இடங்களில் அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்தின் ஒரு சிறுபகுதி மட்டுமே பரப்பில் காணப்பட்டு, எஞ்சியபகுதிகள் பாறையினுள் பொதிந்து காணப்படுகின்றன. இத்தகையவற்றை ஆய்வுசெய்ய வெளியில் தெரியும் பகுதியின் விளிம்பின் தொடர்ச்சியாக பாறையின் உள்நோக்கிச் சென்று ஊசியின் உதவியுடன் மிகக் கவனத்துடன் வெளியில் எடுக்க வேண்டும்; அல்லது சிறப்புவகை நுண் அதிர்வுக் கருவிகளைப் பயன்படுத்தி அவற்றை வெளிக்கொணர வேண்டும். இந்தத் தொழில்நுட்பத்தைப் பயன்படுத்தி தான் லெக்லெர்க் பெல்ஜியத்தின் டிவோனியப் படிமப்பாறையிலிருந்து *கேலமோஃபைட்டா*னின் வித்தகத்தாங்கிகளைப் பிரித்தெடுத்து அவற்றின் சிறப்புவகைக் கிளைத்தலைப் பதிவு செய்தனர்.

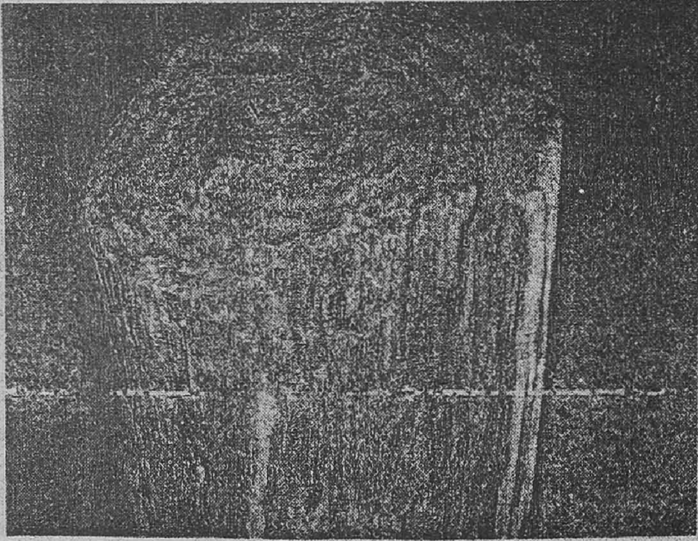
அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களை ஆய்வு செய்ய பயன்படுத்தப்படும் முறைகளில் இடமாற்றத் தொழில்நுட்பமுறை (transfer technique) முக்கியமான ஒன்றாகும். இங்கு பாறையின் ஊடகத்திலிருந்து அழுந்திய கரிமமான தாவர உறுப்பு கவனமாகப் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு அது இன்னொரு சரியான ஊடகத்திற்கு மாற்றப்படுகிறது. பாறையிலிருந்து பிரித்தெடுத்தபின்பு அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரப்பகுதி செல் தனிப்படுத்தம் (maceration) செயல்முறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டு திசுவமைப்பியல் பண்புகள் ஆய்வு செய்யப்படுகின்றன. இடமாற்றத் தொழில்நுட்பமுறையில் பல்வேறு சிறுமாற்றங்கள் செய்யப்பட்டு பலரால் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவர உறுப்பைச் சுற்றித் தகுந்த கரைப்பானில் கரைக்கப்பட்ட செல்லுலோஸ் அசிடேட் படலம் பூசப்பட்டு, பின்பு இப்படலம் கவனமாக பாறை ஊடகத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது. வேறு சிலர் அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்தைச்சுற்றி நிறமற்ற நகப்பூச்சை அல்லது ஜெலாட்டினைப்பூசி பின்பு இப்பூச்சுப் படலத்தைக் கவனமாக பிரித்தெடுத்து ஆய்வு செய்துள்ளனர். வேறுசிலர் கனடா பால்சம் இடமாற்ற முறையைப் பின் பற்றியுள்ளனர். இம்முறையில் அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சம் தேவையான அளவுக்கு வெட்டப்பட்டு, வெட்டப்பட்ட துண்டு ஒரு நுண்நோக்கிக் கண்ணாடித் தகட்டில் (slide) முகப்பகுதி தட்டில் படுமாறு கனடா பால்சம் பிசினின் உதவியுடன் ஒட்டப்படுகிறது. பின்பு, இந்த மொத்த அமைப்பும் உருகிய கன்மெழுகில் மூழ்கடிக்கப்படுகிறது. குளிர்ந்தபின், கண்ணாடித் தகடும்

அதில் ஒட்டப்பட்டுள்ள அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சப்பகுதியும் ஒரு தடிப்பான படிந்த மெழுகுஉறை மட்டும் கவனமாக செதுக்கி எடுக்கப்படுகிறது. பின்பு கண்ணாடித் தகடும் அதனுடன் ஒட்டியுள்ள தொல்லுயிர் எச்சத்துண்டும் ஹைட்ரோஃபுளூரிக் அமிலத்தில் மூழ்கப்படுகின்றன. இந்த அமிலம் ஊடகத்தின் கனிமப் பகுதியைக் கரைத்து நீக்கிவிடுகிறது; அழுந்திய தாவரப்பகுதி மட்டும் கண்ணாடித்தகட்டில் தற்போது, காணப்படுகிறது. பின்பு இந்தத் தாவரப்பகுதி சைலீன் மூலம் கனடாபிளாசத்தைக் கரைத்து கண்ணாடித் தகட்டிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்டு பின்பு செல் தனிப்படுத்தச் செயலுக்கு (maceration) உட்படுத்தப்படுகிறது. ஹாரிஸ் (Harris 1926) அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவர உறுப்புகள் அதிக எண்ணிக்கையில் காணப்படும் நிலையில் ஒட்டுமொத்த செல் தனிப்படுத்தம் (bulk maceration) ஆய்வு முறையைப் பயன்படுத்தினார். பாறையின் ஊடகம் ஹைட்ரோஃபுளூரிக் அமிலம் கொண்டு கரைக்கப்பட்டு பின்பு அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவர உறுப்புகள் தனிப்படுத்தப்பட்டு நன்கு கழுவப்பட்டு, பின்பு செல் தனிமைப்படுத்தம் செய்யப்படுகிறது. பின்பு தொல்லுயிர் எச்சத்தின் திசுவமைப்பு, செல்லமைப்பு போன்றவை அறியப்படுகின்றன. நிக்லாஸ் (Niklas 1978) மையோசீன் காலத்தைச் சேர்ந்த அழுந்திய தொல்லுயிர் எச்ச ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் இலைகளின் அமைப்பை எலக்ட்ரான் நுண்நோக்கி கொண்டு ஆய்வு செய்துள்ளார். மிக நுண்ணிய விவரங்களைக்கூட இவ்வாய்வின் மூலம் இவர் கண்டறிந்துள்ளார். லிக்னைட், நிலக்கிரி போன்றவற்றை ஜெஃப்ரீயின் (Jeffrey) செல்தனிப்படுத்த முறையைக் கொண்டு, அதன் மூலம் கிடைக்கும் நுண் தொல்லுயிர் எச்சங்களான மகரந்தத்தூள்கள், வித்துக்கள், பூஞ்சை இழைகள், வாஸ்குல அங்கங்கள், குயூட்டிகில் அடுக்குகள் போன்றவற்றைப் பெறமுடிகிறது.

**இ. கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்கள்**

மிகவும் சாதாரணமாகக் காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்ச வகைகளில் கல்லாகச் சமைந்தவை மிக முக்கியமானவையாகும். இவை தொல்தாவரவியல் விவரங்கள் பலவற்றை அளிக்கின்றன. மூல தாவரத்தின் அமைப்புகள் இவ்வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களில் மிகவும் நன்றாகப் பாதுகாக்கப்படுவதால் இவற்றைத் தகுந்த முறையில் சீவல்

(sections) எடுத்து உள்ளமைப்பை மிகத் தெளிவாக அறியலாம். உலகின் சில பகுதிகளில் கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்கள் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. கல்லாகச்சமைதல் என்பதைச் சுட்டும் ஆங்கிலச் சொல்லான petrifaction, 'petros', என்ற இலத்தீன் சொல்லிலிருந்து பெறப்படுகிறது; இதன் பொருள் 'பாறை' என்பதாகும். ஏனெனில், கல்லாகச்சமைந்த தாவர உறுப்புகள் கல்லை (பாறையை) ஒத்துள்ளன (படங்கள் 213, 214).



படம் 213: கல்லாய்ச்சமைந்த தொல்லுயிர்த் தாவர கட்டை. பட உதவி: Agashe



**படம் 214:** கல்லாய்ச்சமைந்த ஜிம்னோஸ்பெர்ம் மரம். இது திருச்சிராப்பள்ளிக்கு அருகில் உள்ள சாத்தனூர் கிராமத்தில் காணப்படுகிறது. பட உதவி: THE HINDU dated 04.02.2010

கல்லாகச்சமையும் நிகழ்வு ஒரு மிகவும் சிக்கலான நிகழ்வாகும். இதன் வழிமுறை தொல்தாவரவியல் அறிஞர்களாலும், புவியியல் அறிஞர்களாலும் இதுவரை நன்கு அறியப்படவில்லை. எனினும், இந்நிகழ்வின்போது, தாவரப்பொருட்கள் கனிமப்பொருட்களின் மூலம் முதலில் கரைசல் வடிவிலும், பின்பு ஒன்றுதிரண்டு வீழ்ப்படிவதின் மூலமும் உள்பொதிக்கப்படுகின்றன (impregnated). இதன் காரணமாக தாவரஉறுப்பு கல்போன்று மாறுகிறது. கல்லாகச் சமைந்த தாவரத் தொல்லுயிர் எச்சம் ஒன்றை வேதிய ஆய்வுக்கு உட்படுத்தும்போது, தாவர திசுக்களுக்குள் ஏறத்தாழ 20–க்கும் மேற்பட்ட வெவ்வேறு வகைக்கனிமங்கள் உள்பொதிக்கப்பட்டுள்ளன என்பது தெளிவாகிறது. இவற்றில் சிலிக்கான் டை ஆக்சைடு போன்ற சிலிகேட்களும், கால்சியம், மக்னீசியம் கார்பனேட்களும், இரும்பு சல்ஃபைடு என்ற பைரைட்களும் அதிகம் காணப்படுகின்றன. படிதல் வகை, அழுந்திய வகை ஆகிய தொல்லுயிர் எச்சங்களைவிட இவ்வகையில் மூலத்தாவர உறுப்பின் பெரும்பாலான கரிம அமைப்புகள் பாதுகாக்கப்படுகின்றன; தாவரப்பகுதிகளின் அளவு, உருவம் போன்றவற்றில் மாற்றமேதும் ஏற்படுவதில்லை. கல்லாகச்சமைதல் என்பது கனிம மாற்றீடு (permineralization) என்றும் அழைக்கப்படுகிறது.

ஒரு தாவர உறுப்பு கல்லாகச்சமைந்து தொல்லுயிர் எச்சமாக மாற அது முதலில் மிகத் திகட்டிய கரைசல் நிலையில் கனிமங்கள் உள்ள ஒரு ஏரி, குளம் அல்லது சதுப்பு நிலப்பகுதிக்கு இடப்பெயர்வு அடைய வேண்டும். இந்தக் கனிமக்கரைசல் தாவரத்திசுவுக்குள் உட்பொதிகிறது; இது ஒவ்வொரு மூலக்கூறையும் மாற்றீடு செய்யும் வகையில் நடைபெற வேண்டும். இந்நிலையில் உட்புகும் கனிமக்கரைசலுக்கும் தாவர செல் பொருட்களுக்கும் இடையே ஒருவித இடைச்செயல் நடைபெற்று அதன் காரணமாக கரைந்த நிலையிலுள்ள கனிமங்கள் வீழ்படிகின்றன. இந்தக் கரைநிலையிலுள்ள கனிமங்கள் செல் உள்வெளியிலும், செல் சுவரிலும், செல்லிடை வெளிகளிலும் படிந்து கெட்டியடைந்து தாவர உறுப்பை கல்போன்று மாற்றுகின்றன. செல் உள்ளடக்கப் பொருட்களும், செல்லிடை வெளிகளும் கனிமங்களால் பொதுவாக மாற்றீடு செய்யப்படுகின்றன. பொதுவாகச் செல்சுவர்கள் பல்வேறு இயற்பிய, வேதிய நிகழ்வுகளினால் தாக்கமடையாமல், கல்லாக சமையும் நிகழ்வில் நன்கு பாதுகாக்கப்படுகின்றன. பெரும்பாலான கல்லாகச்சமைந்த தாவர

உறுப்புகளில் தாக்கத்திற்கு உட்படாத டிரக்கிய அங்கங்கள் (tracheary elements), ஸ்கெலரங்கைமா செல்கள், நார்கள், கட்டைப்பகுதி, குயூட்டிகிள் போன்றவை நன்கு பாதுகாக்கப்பட்டு காணப்படுகின்றன. மென்மையான, தாக்கத்திற்கு எளிதில் உட்படும், பாரங்கைமாதிசு போன்றவை பொதுவாக கல்லாகச்சமைதல் நிகழ்வின் போது அழிந்து விடுகின்றன. அரிதாகவே இத்தகைய மென்மையான திசுக்கள் பாதுகாக்கப்படுகின்றன. இதற்கு மிகவும் சிறப்பான எடுத்துக்காட்டு விஷ்ணு–மித்ரே (Vishnu-Mittre 1969) என்பவர் ராஜ்மகால் குன்றுகளிலிருந்து பெறப்பட்ட ஜூராசிக் பாறைகளில் கல்லாகச்சமைந்த தாவர எச்சங்களில் (ஒரு டெரிடோஃபைட்டின் வித்தகம்) உட்கருவின் பகுப்பு நிலைகளைத் தெளிவாகக் காட்டியதுதான். இதேபோன்று தொல்லுயிர் எச்ச *கேலமைட்டஸ்* வேர்களில் வேரிப்பூஞ்சைகள் இருப்பதை அகாஷேயும் திலக்கும் (Agashe and Tilak 1970) எடுத்துக் காட்டியுள்ளனர்.

பெரும்பாலான கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்கள் சிலிக்கா நிறைந்த அல்லது கால்சியம் நிறைந்த பாறைகளாலானவை ஆகும். இந்தியாவில் கண்டெடுக்கப்பட்ட கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்களில் பெரும்பாலானவை சிலிக்கா நிறைந்தவை. இதற்கு மாறாக, USA, இங்கிலாந்து, ஐரோப்பா கண்டம் போன்றவற்றில் கண்டெடுக்கப்பட்ட கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்கள் கால்சியம் நிறைந்த பாறைகளாலானவை. இவை பல்வேறு உருவங்களில் அமைந்த முண்டுகள் (nodules) ஆகும். இவை பொதுவாக நிலக்கரி படுகைகளோடு தொடர்பு கொண்டிருப்பதால் இவை **நிலக்கரிப்பந்துகள்** (Coal balls) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. எனவே, நிலக்கரிப்பந்துகள் கால்சியம் நிறைந்த கல்லாகச்சமைந்த தாவர உறுப்புகளின் திரள்களாகும். நிலக்கரிப் படுகைகளில் இவை ஆங்காங்கே சிதறிக் காணப்படுகின்றன. சில படுகைகளில் இவை அறவே காணப்படுவதில்லை. கடல்சார் படிமங்களோடு இவை பெரும்பாலும் தொடர்புற்று காணப்படுகின்றன. எனவே, தாவர உறுப்புகள் கடல்சூழலுக்கு இடப்பெயர்வடைந்து கல்லாகச் சமைந்திருக்க வேண்டும்; ஒரு சில அமிலத்தன்மை வாய்ந்த சதுப்புநிலத்தாவரங்களாக இருந்திருந்து அங்கே தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறியிருக்க வேண்டும் (எடுத்துக்காட்டுகள்: ஸ்ஃபீனாப்சிடா, லெபிடோடெண்ட்ரான்கள்,

*சரோனியஸ்*). நிலக்கரிப்பந்து ஒன்றை வெட்டி சீவல் எடுத்தால், அதில் இலைகள், தண்டுகள், வேர்கள், ரைசோம்கள், கனிமஉறுப்புகள், வாஸ்குலத்திசுக்கள் போன்ற வெவ்வேறு தாவர உறுப்புகள்/பாகங்கள் ஒன்று திரட்டப்பட்டு வெவ்வேறு திசையமைவு பெற்றுக் காணப்படுவது தெளிவாகும். இந்தியாவின் ஜாரியா நிலக்கரிச் சுரங்கங்களில் நிலக்கரிப் பந்துகள் போன்ற அமைப்புகள் (இவை சுண்ணாம்பு முண்டுகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன) கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் *புரோட்டோடேக்சோசைலான் ஆண்டுசிரிஜ* என்ற ஜிம்னோஸ்பெர்ம் கட்டை நன்கு பாதுகாக்கப்பட்டு இருந்தது என்பதை அகாஷேயும் சிட்னிசும் (Agashe and Chitnis 1971) எடுத்துக் காட்டியுள்ளனர்.

கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்களை ஆய்வு செய்ய பல்வேறு ஆய்வுமுறைகள் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன; குறிப்பாக, அவற்றின் உள்ளமைப்பைப் பற்றி ஆய்வு செய்ய. கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்களை ஆய்வு செய்ய முதன்முதலில் அவற்றை தேய்த்து அவற்றின் பரப்பை தேய்த்து வழவழப்பாக மாற்றி பிரதிபலிக்கும் ஒளியைப் பயன்படுத்தும் நுண்நோக்கி மூலம் உள்ளமைப்பை அறிய முயன்றனர். பின்பு, செம்பு வடத்தைக் கொண்டு அவற்றின் சீவல் எடுத்து ஆய்வு செய்தனர். அதன் பின் எந்திரம் மூலம் இயக்கப்படும் உலோகக்கத்தியைப் பயன்படுத்தி அவற்றின் சீவல்களை எடுத்து ஆய்வு செய்தனர்; இவ்வாறு எடுக்கப்பட்ட சீவல்களின் பரப்பு வழவழப்பாகவும், ஒரே சீராகவும் தேய்க்கப்பட்டு நுண்நோக்கி மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டன. இந்த முறை மெல்லிய தேய்ப்பு சீவல் (thin ground section) என்று அழைக்கப்பட்டது. தற்போது கல்லாய் சமைந்த தாவரப் பொருட்கள் தொழிற்சாலைசார் வைரத்துண்டுகள் விளிம்பு முழுவதும் பொருத்தப்பட்ட துப்பாக்கி உலோகத்தால் செய்யப்பட்ட, வட்டவடிவ கத்திகள் மூலம் வெட்டப்படுகின்றன; இவ்வாறு வெட்டப்பட்ட தடிப்பான சீவல்களின் பரப்புகள் சிலிக்கான் கார்பைடு துகள்களால் நன்கு தேய்க்கப்பட்டு, மெல்லியதாகவும் வழவழப்பாகவும் மாற்றப்பட்டு கண்ணாடித்தகடுகளில் கனடா பால்சம் கொண்டு பொதிக்கப்பட்டு நுண்நோக்கிகளில் ஆய்வு செய்யப்படுகின்றன.

மேலே விவரிக்கப்பட்ட சீவல் எடுக்கும் முறையைச் சிலிக்கா, கால்சியம் கொண்ட கல்லாகசமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்களுக்குப் பயன்படுத்தலாம். எனினும், நிலக்கரிப் பந்துகளுக்கு உரித்தெடுக்கும்

முறை (peel technique) மிகவும் உகந்தது. நிலக்கரிப்பந்துகள் பிளக்கப்பட்டு, பிளக்கப்பட்ட பரப்பு நன் தேய்க்கப்பட்டு வழவழப்பாக ஆக்கப்படுகின்றது. பின்பு இதன் மேல் தகுந்த கரைப்பானில் கரைக்கப்பட்ட செல்லுலோஸ் அசிடேட் ஊற்றப்படுகிறது. கரைப்பான் ஆவியானதும், ஒரு செல்லுலோஸ் அசிடேட் மென்படலம் பரப்பின் மேல் நிலைத்துக் காணப்படுகிறது. இதில் தொல்லுயிர் எச்சங்களின் அமைப்பு அப்படியே நகலெடுக்கப்படுகிறது. பின்பு இந்த மென்படலம் உரித்தெடுக்கப்பட்டு, கண்ணாடித்தகட்டில் பொருத்தப்பட்டு நுண்நோக்கியில் ஆய்வு செய்யப்படுகிறது. உரித்தெடுத்தல் முறையில் நேரம் மிச்சமாக்கப்படுகிறது; ஒரே பரப்பிலிருந்து பல முறை உரித்தெடுத்தலை மேற்கொள்ளலாம்; தொடர்வரிசையாக சீவல்கள் (serial sections) எடுக்கவும் இது சிறந்த முறையாகும். இத்தகைய உரித்தெடுத்த பகுதிகளை எளிதில் சேமித்து வைக்கலாம். எளிதில் வளையும் தன்மை கொண்டதால் இவற்றைப் புத்தகங்களுக்குள் வைத்துப் பாதுகாத்தல் நல்லது. இந்தச் செயல்முறை வெட்டி சீவல் எடுக்கும் முறையை விட சிறந்ததாகும்.

### ஈ. முப்பருமான நகல்கள்

முப்பருமான நகல்கள் மூலதாவர உறுப்பின் ஒருமித்த உருவத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. இவ்வகைத் தொல்லுயிர் எச்சத்தில் தாவரத்தின் கரிமப்பொருட்கள் பாதுகாக்கப்படுவதில்லை. பொதுவாக முப்பருமான தாவர உறுப்புகளான தண்டுகள் (புற குறியீடுகளுடன் சேர்ந்து), விதைகள், கனிகள் முப்பருமான நகல்களாக பாதுகாக்கப்படுவதற்கு ஏற்ற உறுப்புகளாகும். இத்தகைய தாவர உறுப்புகள் படிமமாக்கம் நடைபெறும் களங்களுக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டவுடன் அவை படிமத்திற்குள் புதைக்கப்படுகின்றன; இந்நிகழ்வின் போது மிகவும் விரைவாக கடினமாகும் படிமப் பொருட்களின் அடுக்குகளால் மூடப்படுகின்றன. இதனால் தாவரத்தின் உட்பகுதிகள் சிதைவடையாமல் தடுக்கப்படுகின்றன. பின்பு தாவரப்பகுதி சிதைந்து முப்பருமான நகல் வடிவில் தொல்லுயிர் எச்சம் உண்டாகிறது.

தனிப்படுத்தப்பட்ட பல டெரிடோஸ்ஃபெர்ம் விதைகள், *கேராவின்* ஊகோனியங்கள் போன்றவை முப்பருமான நகல்களாகக் காணப்படுகின்றன. இவ்வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களைப்

புறத்தோற்றவியல் முறைகளின் மூலம் ஆய்வு செய்யலாம் அல்லது இவற்றிலிருந்து வார்ப்புருக்களை (casts) எடுத்து அவற்றின் பண்புகளை அறியலாம். இவற்றிலிருந்து வார்ப்புருக்கள் எடுக்க முப்பருமான நகலின் அறையினுள் மெழுகு அல்லது பிளாஸ்டீசீன் உள்ளேற்றப்பட்டு கெட்டியாக்கப்பட வேண்டும்.

உ. வார்ப்புருக்கள்

முப்பருமான நகல் தொல்லுயிர் எச்சத்தின் எதிர்மறை தான் வார்ப்புருக்கள் ஆகும். அதாவது, முப்பருமான நகல்களிலிருந்து வார்ப்புருக்களை உருவாக்கலாம். தாவரங்களில் இயற்கையாக காணப்படும் பள்ளங்கள், அறைகள், உட்குழாய்கள் போன்றவற்றில் படிமப்பாறைப் பொருட்கள் நிரப்பப்படுவதால் இவ்வகைத் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. முப்பருமான நகல்கள் போன்றே இவற்றிலும் தாவரங்களின் கரிமப் பொருட்கள் காணப்படுவதில்லை. இத்தகைய தொல்லுயிர் எச்சங்கள் மூல தாவரப்பொருளின் உருவம், அளவு, உள்வடிவங்கள் போன்றவற்றின் முப்பருமானப் பாங்கினை எடுத்துக் காட்டுகின்றன.

வார்ப்புருக்களுக்கு முக்கிய எடுத்துக்காட்டுகள் *கேலமைட்டஸ்* தாவரத்தின் பித் வார்ப்புருக்களும், *ஸ்டிக்மேரியா* வேர் வார்புருக்களும் ஆகும். அடிவேர் (rootstock) 2–4 அடி விட்டம் கொண்டும் அதிலிருந்து உண்டாகும் வேர்கள் கிளைத்து 10 அடி நீளத்திற்கு பரவி காணப்படுகின்ற *ஸ்டிக்மேரியா* வேர் வார்ப்புரு கிளாஸ்கோவில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு பாதுகாக்கப்பட்டு வருகிறது.

முப்பருமான நகலும் வார்ப்புருவும் உண்டாகும் நிகழ்வை களிமண் விநாயக உருவங்கள் தயாரிப்பதற்கு ஒப்பிடலாம். முதலில் கட்டையில் விநாயக உருவம் செதுக்கப்படுகிறது. இதனை முப்பருமான நகலுக்கு ஒப்பிடலாம். இதிலிருந்து விநாயகர் உருவம் களிமண்ணை அடைத்து களிமண்ணில் பெறப்படுகிறது. களிமண் விநாயகர் உருவத்தை வார்ப்புருவுக்கு ஒப்பிடலாம்.

ஊ. மம்மியாதல்

மிகவும் நுண்ணியத்துகள்கள் கொண்ட படிம ஊடகத்தால் சூழப்பட்ட தாவரப்பகுதிகள் அவ்வூடகத்தால் பாக்டீரிய, பூஞ்சை தாக்கத்திலிருந்து அழியாமல் காப்பாற்றப்படுகின்றன. இதற்குக் காரணம் இந்தப் படிமப்பொருட்கள் காற்றில்லாச் சூழலில் படிமமடைவதுதான். இலையின் குயூட்டிகிள்கள், வித்துக்கள், மகரந்தங்கள், விதைகள், கனிகள் போன்றவை மம்மியாதல் மூலம் பாதுகாக்கப்பட்டுத் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறியுள்ளன. இந்தியாவிலும் வேறு பகுதிகளிலும் லிக்னைட்டில் மம்மியாக்கப்பட்ட விதைகள், கனிகள், கட்டைகள் போன்றவை பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளன. இத்தகைய தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரம் பகுதிகளைத் தற்கால தாவர ஆய்வுமுறைகளில் பெரும்பாலானவற்றைப் பயன்படுத்தி ஆய்வு செய்யலாம். எடுத்துக்காட்டாக, லிக்னைட்டில் பொதிந்து மம்மியாக்கம் அடைந்த கட்டையைக் கட்டை நுண்வெட்டுக்கருவி கொண்டு சீவல்கள் எடுத்து ஆய்வு மேற்கொள்ளலாம்.

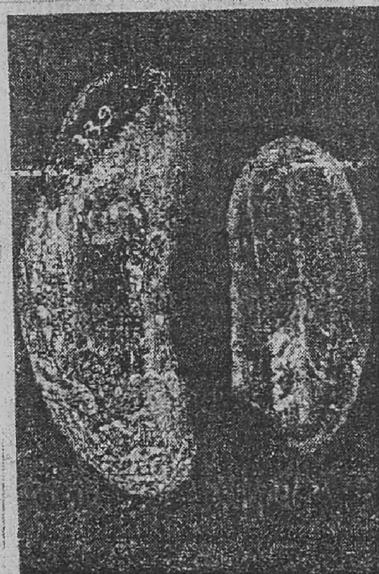
எ. ஆம்பர்

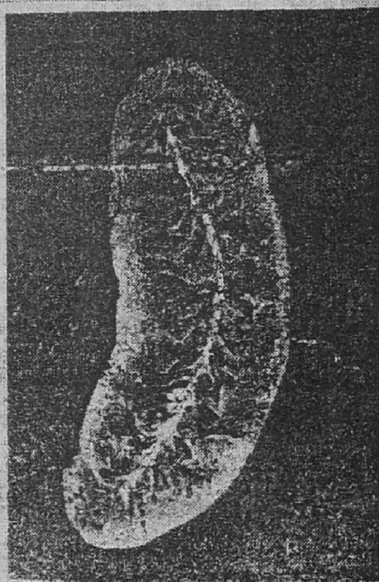
இது ஒரு சிறப்புவகை மம்மியாதலாகும். தொல்லுயிர் எச்சமாக்கப்பட்ட பிசினில் மம்மியாக்கப்பட்ட பூச்சிகள், புழுக்கள், தாவரப்பகுதிகள் போன்றவை பாதுகாக்கப்பட்டால் அது ஆம்பர் (Amber) என்று அழைக்கப்படுகிறது. தொல்லுயிர் எச்சமாக்கப்பட்டபோது பிசின் ஓரளவுக்கு வேதிய மாற்றங்கள் அடைகின்றன. பல மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்த தாவரங்களிலிருந்து பிசின் கசிந்தபோது அதில் சிக்கிய பூச்சிகள், தாவரத்துண்டுகள் போன்றவை நன்கு பாதுகாக்கப்பட்டு தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறுகின்றன. புவியியல் அடிப்படையில் பார்க்கும்போது ஆம்பர் கார்பானிஃபெரஸ் காலம் தொட்டு பிளிஸ்டோசீன் காலம் வரை காணப்பட்டது. முன்னால் சோவியத் கூட்டமைப்பின் பால்டிக் பகுதியில் உள்ள டெர்ஷியரி கால பாறைகள்தான் உலகிலேயே மிக வளமான ஆம்பர் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பெற்ற பாறைகளாகும்.

ஏ. முண்டுகள்

நீரினால் இடப்பெயர்வு அடைந்து படிமமாக்கப்பட்ட சீரான, உருண்டையான பரப்பைக் கொண்ட தொல்லுயிர் எச்சங்கள் கொண்ட

பாறைத்துண்டுகள் முண்டுகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய தொல்லுயிர் எச்ச உருவாக்க முறையில் தாவர உறுப்புகள் படிவங்களாகவோ, அழுந்தியங்களாகவோ பாதுகாக்கப்படுகின்றன. எனினும், பாதுகாக்கப்பட்ட தாவர உறுப்பு முண்டினை பிளந்து திறந்தால் மட்டுமே வெளியே தெரிகின்றது. இத்தகையத் தொல்லுயிர் எச்ச உருவாக்க முறையில் தாவர உறுப்பு மையக்கருவாகச் செயல்பட்டு அதனைச் சுற்றி மிக நுண்ணியத் துகள்களாலான படிமப்பொருள் உண்டாக்கப்படுகிறது. பின்பு தாவர உறுப்பும் அதனைச் சுற்றியமைந்த படிமப்பொருளும் உருண்டு, இடப்பெயர்வு அடைவதால் அவை சீரான, உருண்டையான வெளிப் பரப்பினைப் பெறுகின்றன (படம் 215).





பட உதவி: Agashe

## ஐ. சாண தொல்லுயிர் எச்சம்

இவை தொல்லுயிர் எச்சமாக்கப்பட்ட விலங்குச் சாணங்கள் ஆகும். விலங்குகளின் சாணம் அல்லது மலப்பொருட்கள் உடனே நுண்துகள்களாலான படிமப்பொருட்களால் சூழப்படுகின்றன. இதன் காரணமாக அவை சிதைவு அடையாமல் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன. தொல்லுயிர் எச்ச சாணங்கள் பலவற்றில் நுண்ணுயிரிகள் பல காணப்படுகின்றன. (எடுத்துக்காட்டுகள்: டயடம்கள், டெஸ்மீடுகள்,

செரிக்காத தாவரத்துண்டுகள், குயூட்டிகிள்கள், வாஸ்குல அங்கங்கள்). டைனோசார்களின் தொல்லுயிர்எச்ச சாணம் உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் (இந்தியா உட்பட) ஜுராசிக் பாறைகளில் காணப்படுகிறது.

## IV. தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களின் வகைப்பாடும் பெயரிடப்படுதலும்

### 1. வகைப்பாடு:

தாவரங்களை வகைப்படுத்தும் எந்தவொரு வகைப்பாடும் தாவரங்களையும் தாவரத்தொகுப்புகளையும் அவற்றிற்கிடையே உள்ள இயல்பான தொடர்புகளின் அடிப்படையில் ஒழுங்கமைவு செய்ய வேண்டும். இவை தாவரங்களுக்கு இடையே காணப்படும் பரிணாமத் தொடர்புகளையும் பிரதிபலிக்க வேண்டும். தாவரங்களை ஒழுங்கான வகைப்பாட்டு ஒருங்கின் அடிப்படையில் அமைத்தால் தான் அவற்றைப் பற்றி நாம் எளிமையாக, எந்தவிதச் சிக்கலுமின்றி அறிய முடியும்.

தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களின் வகைப்பாடு ஓரளவுக்கு வேறுபட்ட முறையில் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும். ஒருசில தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் தற்கால தாவரம் எவற்றோடும் ஒத்திராமல் மிகவும் வேறுபடுவதால் அவற்றைத் தொடர்புபடுத்துவது மிகவும் கடினமாகிறது, அல்லது ஏறத்தாழ முடியாமல் போகிறது. டெரிடோஸ்பெர்ம்களின் ஒருசில உறுப்பினத் தாவரங்கள் இந்த வகையைச் சார்ந்தவை. இன்று வரை தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களுக்கென்று தனியான வகைப்பாட்டு ஒருங்கு எதுவும் உருவாக்கப்படவில்லை. பெரும்பாலான தொல்தாவரவியல் வல்லுநர்கள் தற்காலத் தாவரங்களுக்கான வகைப்பாட்டையே கடைப்பிடிக்கின்றனர். ஒரு சில தற்கால வகைப்பாட்டுத் தொகுதிகளில் எந்தவொரு தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரமும் சேர்க்கப்படவில்லை என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது. எனவே, தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களை வகைப்படுத்தும் வகைப்பாட்டில் அனைத்து தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களையும் அவற்றிற்கிணையான பிரிவுகள், துணைப்பிரிவுகள், வகுப்புகள், வரிசைகள், குடும்பங்கள் போன்றவற்றில் சரியாகப் பொருத்த முடியவில்லை.

டெய்லர் (Taylor 1981) தன்னுடைய தொல்லுயிர்எச்சம் பற்றிய நூலில் எடுத்தாண்டுள்ள தாவர பெருந்தொகுதியின் வகைப்பாடு ஓரளவுக்குத் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களையும் சரியாக வகைப்படுத்தும் வகையில் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. இது அகாஷே (Agashe 1995) என்பவரால் ஓரளவுக்கு மாற்றப்பட்டு

கொடுக்கப்பட்டுள்ளது (அட்டவணை 4). டெய்லரின் வகைப்பாட்டு ஒருங்கு பாசிகள், பூஞ்சைகள், பிரையோஃபைட்கள், விதைத்தாவரங்கள் போனறவற்றிற்குப் போதுமானதாக உள்ளது. எனினும், சைலோஃபைட்கள், லைக்கோபோடுகள், ஸ்ஃபீனாப்சிடா, டீராப்சிடா போன்றவற்றிற்குப் பொதுவான புறவமைப்பியல் பண்புகள் ஒருசில இருப்பதால் இவை அனைத்துப் டிரக்கியோஃபைட்டா என்ற பிரிவின் கீழ் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தப் பிரிவு ஈம்ஸ் (Eames 1936) என்பவரால் பரிந்துரை செய்யப்பட்ட ஒன்றாகும்.

**2. தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பெயரிடப்படுதல்**

முழுமையான தாவரங்கள் பொதுவாக தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களாகக் கிடைப்பதில்லை. இதுவரை அறியப்பட்டுள்ள தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களில் ஐந்து முதல் எட்டு விழுக்காட்டுத் தாவரங்களே முழுமையாகப் பெறப்பட்டுள்ளன. இதற்கு மிக முக்கியமான காரணம் அவை உயிரோடு வாழ்ந்த இடத்திலேயே தொல்லுயிர் எச்சமாக மாறுவதில்லை; ஏனெனில் எல்லா இடங்களிலும் தொல்லுயிர் எச்சமாதலுக்கான அனைத்துச் சூழல் தேவைகளும் இருப்பதில்லை (காண்க: பக்கம் ......). பெரும்பாலும் தாவரங்கள் படிமமாதல் களங்களுக்கு (ஏரி, குளம், சதுப்புநிலங்கள், கடற்பகுதிகள்) அடித்துச் செல்லப்பட்டு/எடுத்துச் செல்லப்பட்டு அங்குதான் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறுகின்றன. இவ்வாறு அடித்துச் செல்லப்படும் போது அத்தாவரத்தின் வெவ்வேறு உறுப்புகளும், பாகங்களும் தனித்தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. தனியாக பிரிக்கப்பட்ட அத்தனை உறுப்புகளும், பாகங்களும் ஒரே இடத்தில் தனித்தனியாக தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறுகின்றன; அல்லது வெவ்வேறு களங்களில் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறுகின்றன. மேலும் இத்தாவரங்களின் மென்மையான உறுப்புகளும், பாகங்களும் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மாறாமல் சிதைந்து போய்விடுவதற்கும் அதிக வாய்ப்புகள் உள்ளன.

முழுத் தாவரங்களும் தொல்லுயிர் எச்சமாக மாறினால், அவற்றினைத் தற்காலத் தாவரத் தொகுதிகளுடன் ஒப்பிட்டு அவற்றின் வகைப்பாட்டுத் தொடர்பை ஓரளவுக்கு எளிதில் அறிய முடியும். அவற்றிற்குத் தகுந்த பெயரையும் ICBN (International Code for

Botanical Nomenclature – தாவரப்பெயரிடுதல் தொடர்பான பன்னாட்டு விதிமுறைகள்) விதிகளின்படி இடலாம். இவற்றிற்கு இரட்டைப் பெயரிடுதல் (binomial nomenclature) முறையைப் பின்பற்றலாம். இவற்றிற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாக *ரைனியா மேஜர், ஹார்னியோஃபைட்டான் லிக்னீரி, குக்சோனியா கலிடோனிக்கா, கோல்பீடிசைலான் டியாட்சிஜ, ஸ்ஃபீனோஃபில்லம் குயூனிஃபோலியம்* போன்றவற்றைக் குறிப்பிடலாம். ஆனால் தனித்தனியாக கிடைக்கும் உறுப்புகள்/பாகங்களுக்கு இரட்டைப் பெயரிடுதல் முறையைப் பின்பற்ற முடியாது. அதேநேரத்தில் அவற்றிற்குப் பெயரிடாமலும் இருக்க முடியாது. இந்தப் பிரச்சனையைத் தீர்க்க ICBN விதிகள் தொல்லுயிர்தாவர எச்சங்களுக்கென்று தனியாக உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை: 6 தாவரப்பெருந்தொகுதியின் வகைப்பாடு (மாற்றியமைக்கப்பட்ட டெய்லரின் வகைப்பாடு)

தாவரப் பெருந்தொகுதி

I பூஞ்சைகள்

II பாசிகள்

III பிரையோஃபைட்கள்

IV டிரக்கியோஃபைட்டா

ரைனியாப்சிடா
(= சைலாப்சிடா)

ரைனியோஃபைட்டேல்ஸ்
ஜாஸ்டிரோஃபில்லோ ஃபைட்டேல்ஸ்
டிரைமீரோஃபைட்டேல்ஸ்
சைலோடேல்ஸ்

லைகாப்சிடா

புரோட்டோலெபிடோடெண்ட்ரேல்ஸ்
லெபிடோடெண்ட்ரேல்ஸ்
லைக்கோபோடியேல்ஸ்
செலாஜினெல்லேல்ஸ்
பிளிரோமியேல்ஸ்
ஐசோய்டேல்ஸ்

ஸ்ஃபீனாப்சிடா

சூடோபோர்னியேல்ஸ்
ஸ்ஃபீனோஃபில்லேல்ஸ்
ஈக்குவிசீட்டேல்ஸ்

டீராப்சிடா

கிளாடோசைலேல்ஸ்
ரேகோஃபைட்டேல்ஸ்
கீனாப்டெரிடேல்ஸ்
மராட்டியேல்ஸ்
ஓஃபியோகிளாசேல்ஸ்
ஃபிலிகேல்ஸ்
மார்சீலியேல்ஸ்
சால்வினியேல்ஸ்

V புரோஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள்

VI ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள்

டெரிடோஸ்பெர்மோஃபைட்டா

லைஜினாப்டெரிடேல்ஸ்
மெடுல்லோசேல்ஸ்
கேலிஸ்டோஃபைட்டேல்ஸ்
கேலமோபிட்டியேல்ஸ்
கெய்டோனியேல்ஸ்
கோரிஸ்டோஸ்பெர்மேல்ஸ்
பெல்டஸ்பெர்மேல்ஸ்
கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ்

சைகடோஃபைட்டா
சைகடியோஃபைட்டா
ஜிங்கோஃபைட்டா
கோனிஃபரோஃபைட்டா
கார்டைடோப்சிடா
கோனிஃபரோப்சிடா
வோல்ட்ஜியேல்ஸ்
கோனிஃபெரேல்ஸ்
டேக்சேல்ஸ்
நீட்டேல்ஸ்

VII ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள்

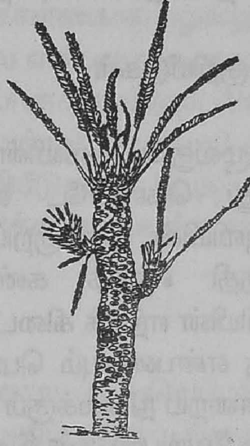
தனியாகக் காணப்படும் தாவர உறுப்பு தொல்லுயிர் எச்சம் **உருவப் பேரினம்** (Form Genera) என்று அழைக்கப்பட வேண்டும் என்று இவ்விதிகள் கூறுகின்றன. இவற்றிற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாக லெபிடோடெண்ட்ரேல்ஸ் தொகுதி தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைக் குறிப்பிடலாம். இவற்றின் தரைமேல் தண்டுகள் *லெபிடோடெண்ட்ரான், லெபிடோஃபுளோயஸ் என்றும், தரைகீழ்ப்பகுதி ஸ்டிக்மேரியா என்றும், கூம்புகள் லெபிடோஸ்ட்ரோபஸ்* என்றும், பெருவித்தகங்கள் லெபிடோகார்பான் என்றும் வெவ்வேறு உருவ பேரினப் பெயர்களைக் கொண்டுள்ளன. இதேபோன்று *மெட்டாகிளெப்சி–டிராப்ஸிஸ்* தாவரத்தின் வித்தகங்கள் *மூசாட்டியா* என்ற உருவப் பேரினப்பெயரால் அழைக்கப்படுகிறது.

உருவப் பேரினத்திற்குள் **உருவச்சிற்றினங்களும்** (Form Species) சேர்க்கப்படலாம். எடுத்துக்காட்டாக, *லெபிடோடெண்ட்ரான்* என்ற தண்டு உருவப்பேரினத்தின்கீழ் *லெ. பெட்டிகுயூரென்சிஸ், லெ. ரோடும்னென்சி, லெ. செலாஜினாய்டெஸ்* போன்ற உருவச் சிற்றினங்கள் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

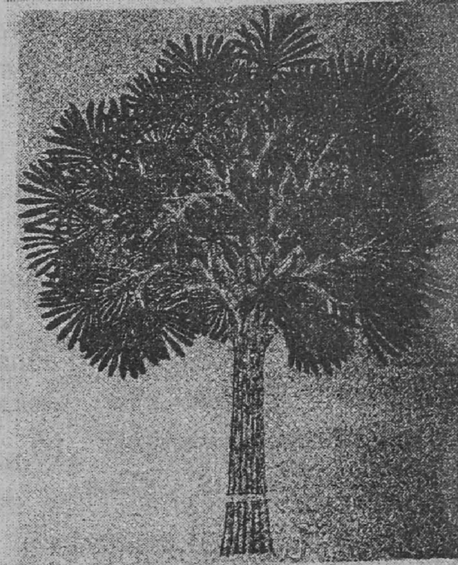
உருவச் சிற்றினப் பெயர்களும், உருவப்பேரினப் பெயர்களும் தற்காலிகப் பெயர்கள்தான் என்பதை நாம் நன்கு புரிந்து கொள்ளவேண்டும். ஏனெனில், ஒரே உருவப் பேரினத்தின் வெவ்வேறு துண்டுகள் அவற்றிற்கிடையே உடல் இணைப்பு (organic connection) இல்லாததால் வெவ்வேறு உருவச்சிற்றினப் பெயர்களைப் பெற்றுள்ளன.

இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு இந்தியாவில் காணப்படும் பல்வேறு *பாமோசைலான்* சிற்றினங்களாகும். கடலூர் மணற்கல் பாறை வரிசையில் (Cuddalore sandstone) பல *பாமோசைலான்* சிற்றினங்கள் ஒரு சிறிய பரப்புக்குள் (100 சதுர கிலோமீட்டர் பரப்புக்குள்) விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. இவை பெரும்பாலும் ஒரு சில பேரினங்களுக்குள் அடங்கக்கூடிய வாய்ப்பு இருந்தாலும், அவற்றிற்கிடையே உடல இணைப்புகள் காணப்படாததால் அவை தொடர்ந்து தனித்தனி உருவ சிற்றினங்களாகக் கருதப்பட்டு வருகின்றன. தொடர் ஆய்வுகள் மேற்கொண்டால் இவற்றிற்கிடையே உடல் இணைப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு பெரும்பாலான உருவ சிற்றினங்கள் தம்முடைய தற்போதைய பெயரை இழந்துவிடும் வாய்ப்புள்ளது. இதேபோன்று தனித்தனி உருவ பேரினப்பெயர்களைக் கொண்ட ஒரே தாவரத்தின் உறுப்புகளுக்கிடையே உடல இணைப்புகள் கிடைக்கப்பெற்றால் பல உருவப்பேரினப் பெயர்கள் நீக்கப்பட்டு முழுத்தாவரப் பெயர் அவற்றிற்கு வழங்கப்படும் வாய்ப்புகள் உள்ளன. தொல்தாவரவியலில் இவ்வாறு முதலில் உருவச்சிற்றினப் பெயர்களும், உருவப்பேரினப் பெயர்களும் வழங்கப்பட்ட ஏராளமான தாவர உறுப்புகள் உடல இணைப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டவுடன் தம்முடைய தனித் தன்மையையும், பெயரையும் இழந்த நிலை மிகவும் சாதாரணமாகக் காணப்படுகிறது. இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாக புரோஜிப்னோஸ்பெர்மாப்சிடாவை குறிப்பிடலாம். 1960–ஆம் ஆண்டு டெரிடோஃபைட்களில் முதலில் சேர்க்கப்பட்டிருந்த வித்து உண்டாக்கும் *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்* என்ற தொல்லுயிர் எச்சத்திற்கும், முதலில் ஜிம்னோஸ்பெர்ம்களில் சேர்க்கப்பட்டிருந்த இரண்டாம்நிலை சைலத்தைக் கொண்ட தண்டுப்பேரினமான *கேல்லிசைலான்* என்ற தொல்லுயிர் எச்சத்திற்கும் இடையே உடல இணைப்பு காணப்படுவதை பெக் (Beck) என்பவர் கண்டுபிடித்தார். இந்த இரண்டு உருவப் பேரினங்களும் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு ஒரே பெயரைப் பெற்றன. இவற்றில் *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்* என்ற பெயரும் அந்தப் பெயரைத் தாங்கியுள்ள வித்தக அமைப்புள்ள பெரணியும் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு விவரிக்கப்பட்டதால், இணைப்படைந்த தாவரமும் ICBN விதிகளின்படி *ஆர்க்கியாப்டெரிஸ்* என்ற பெயரையே பெற்றது.

தனித்தனித் தொல்லுயிர் எச்சங்களாகக் காணப்படும் ஒரே தாவரத்தின் வெவ்வேறு உறுப்புகள் (இவை தனித்தனி உருவப்பேரின, சிற்றினப் பெயர்களைக் கொண்டுள்ளன) உடல இணைப்புகள் பெற்ற நிலையிலோ அல்லது வேறுசில சிறப்பான சான்றுகளின் அடிப்படையிலோ செயற்கையாக ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு ஒரு ஒட்டு மொத்தத் தாவரமாக உருவாக்கப்படும் செயல் **மீள்கட்டமைப்பு** (reconstruction) என்று அழைக்கப்படுகிறது. தொல்தாவரவியலில் மீள்கட்டமைப்பு மிகவும் சாதாரணமாக பின்பற்றப்படுகிறது. இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டுகள் மீள் கட்டமைப்பு செய்யப்பட்ட *வில்லியம்சோனியா சீவார்டியெல்லா* சாஹ்னியும் (படம் 216), *பென்டோசைலான் சாஹ்னிஜ*-யும் (படம் 217) ஆகும். இவ்வாறு மீள் கட்டமைப்புச் செய்யும் போதும் ஏற்கனவே தனித்தனி உறுப்புகளுக்கு கொடுக்கப்பட்ட சிற்றின, பேரினப் பெயர்கள் விலக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, *பென்டோசைலான் சாஹ்னிஜ* என்று மீள் கட்டமைப்புச் செய்த தாவரத்தின் தண்டுப் பெயரான *பென்டோசைலான் சாஹ்னிஜ*, வேர்ப்பெயரான *வெர்டபிரேரியா*, இலைப் பெயரான *நிபானியோஃபில்லம் ராவிஜ*, பெண்கூம்புப் பெயர்களான *கார்னோகோனைட்டெஸ் காம்பேக்டஸ், கா. லேக்சம், கா. ராஜமகாலென்சிஸ்*, பெண் ‘பூ’ பெயரான *சானியா நிபானியென்சிஸ்* போன்றவை விலக்கப்பட்டு முதலில் இடப்பட்ட பெயரான *பென்டோசைலான் சாஹ்னிஜ* என்ற பெயர் முழுத்தாவரத்திற்கும் வழங்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 216: மீள்கட்டமைப்புச் செய்யப்பட்ட *வில்லியம்சோனியா சீவார்டியெல்லா*. பட உதவி: Sahni



படம் 217: மீள்கட்டமைப்புச் செய்யப்பட்ட *பென்டோசைலான் சாஹ்னிஜ*. பட உதவி: Srivastava

## V. தொல் தட்பவெப்பநிலை

### 1. தொல் தட்பவெப்பநிலை குறியீடுகள்

புவியியல் காலம் முழுவதுமே புவியின் தட்பவெப்பநிலை (climate) தொடர்ந்து மாற்றமடைந்து கொண்டே வந்துள்ளது. எந்தவொரு குறிப்பிட்ட காலத்திலும் புவியின் ஒரு குறிப்பிட்ட இடம் எதிர்கொண்ட தட்பவெப்பநிலை அப்பகுதி எந்தக் கண்டத்தில் அமைந்திருந்தது என்பதையும் அப்பகுதி புவியின் எந்தக் கிடைமட்டக் கோட்டிற்கு (latitude) அருகில் அமைந்திருந்தது என்பதையும் பொருத்தது. நிலப்பகுதிகளும் கடல்களும் இருக்கும் இன்றைய நிலைக்கும் புவியின் வரலாற்றில் அவை இருந்த நிலைக்கும் பெரிய வேறுபாடுகள் இருந்ததால், ஓரிடத்தில் இன்று காணப்படும் அதே தட்பவெபப்பநிலை கடந்த காலத்திலும் காணப்பட்டது என்று கருதுவது தவறு. **தொல்தட்பவெப்பநிலையியல்** (Paleoclimatology) புவியின் கடந்தகால தட்பவெப்ப நிலையைப் பற்றியும், அவை தாவர விலங்குகளின் மேல் ஏற்படுத்திய தாக்கத்தைப் பற்றியும் விவரிக்கும் அறிவியல் துறையாகும். தொல்தட்பவெப்பநிலை தொடர்பான செய்திகளைச் சரியாக அறிவதற்கு ஒரு சில முக்கிய குறியீடுகள் (indicators) உதவி செய்கின்றன; மேலும் இன்றைய தட்பவெப்பநிலைகளோடு ஒப்பிடப்பட்டு தான் அவை விவரிக்கப்படுகின்றன; ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகின்றன. இக்குறியீடுகளில் மிக முக்கியமானவை பின்வருமாறு: (i) பாறையியல் (lithology) (ii) தாவரத்தொகுப்பும் (Flora) (பெருந்தாவரத் தொகுப்பு, தாவர மகரந்தத்தொகுப்பு), விலங்குத் தொகுப்பும் (Fauna) (iii) ஆக்சிஜன் ஓரகத்தனிமத் தகவுகளின் அடிப்படையில் வெப்பநிலை நிர்ணயம் செய்யப்படுதல் (iv) தொல்காற்றுத்திசைகள் (v) கடந்த காலத்தில் பனிக்கட்டித் தாள்களின் (ice sheets) ஓட்டதிசை.

மேற்கூறிய குறியீடுகள் அனைத்தின் அடிப்படையிலும் ஓரிடத்தின் தொல்தட்பவெப்ப நிலைகளை எளிதில் அறிந்து கொள்ளமுடியும் என்றாலும் தொல்தாவரவியல் சான்றுகள் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை; ஏனெனில் தாவரங்கள் உலகின் பெரும்பகுதிகளைப் புவியின் அனைத்துக் காலக்கட்டங்களிலும் ஆக்ரமித்துக் காணப்பட்டுள்ளன. எனினும், மேற்கூறிய அடிப்படைகளில் பெறப்பட்ட

தகவல்களும், முடிவுகளும் கொள்கைசார் முறைகளின் மூலம் (theoretical interpretations) பெறப்பட்டவை என்பதை அனைவரும் உணர வேண்டும். மேற்கூறிய குறியீடுகள் தொடர்பாக நமக்குக் கிடைத்துள்ள சான்றுகளும் மிகவும் குறைவாகவும், முடிவற்றும் (incomplete) உள்ளன. மேலும், தற்கால தட்பவெப்பநிலை குறியீடுகளை நேரடியாக கடந்த காலத்திற்குப் பொருத்த முயல்வதிலும் பல சிக்கல்கள் உள்ளன.

அ. பாறையியல்

பாறைகள் தொன்மைக்கால தட்பவெப்பநிலையைச் சுட்டும் மிக முக்கியமான குறியீடாகும். பனிப்பாறை டில்லைட்கள் (tillites) அல்லது பாறைத் துண்டுகள் (boulders) கொண்ட படுகைகள் மிகக் குளிர்ந்த தட்பவெப்பநிலையையும், சிவப்பு மணற் கல்பாறைகள் உலர்ந்த வெப்ப தட்பவெப்ப நிலையையும், நிலக்கரிப் பந்துகள் காணப்படுதல் சதுப்புநிலச் சூழலையும், நிலக்கரி மிக நெருக்கமான நன்கு உண்டான காடுகளையும் பொதுவாகக் குறிப்பிடுகின்றன. சுண்ணாம்புப் பாறைகள் ஓரிடத்தில் இருந்தால் புவியில் அங்கு ஒரு காலகட்டத்தில் கடல்நீர் இருந்திருக்க வேண்டும்.

ஆ. தாவரத்தொகுப்பு

முன்னமே குறிப்பிட்டபடி ஓரிடத்தில் காணப்படும் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் அங்குக் காணப்பட்ட தொல் தட்பவெப்பநிலையை எளிதில் சுட்டுகின்றன. ஏனெனில், தாவரங்கள் தட்ப வெப்பநிலைக்கு எளிதில் தாக்கமுற்று அவற்றிற்கு ஏற்ப தம்மை மாற்றிக் கொண்டு, தேவையான தகவமைவுகளைப் பெறுகின்றன. தற்காலத் தாவரங்களில் தட்பவெப்பநிலைகளால் ஏற்படும் மாற்றங்கள் பற்றி தகுந்த சோதனை முறைகள் கொண்டு மிகத்துல்லியமாக அறியப்பட்டுள்ளன. எனவே, எந்த தட்பவெப்பநிலைக் காரணி எந்தவித மாற்றத்தை எந்த அளவு தாவரங்களில் கொடுக்கும் என்பது அறியப்பட்டுள்ளது; அதாவது காரண–விளைவு தொடர்புகள் எளிதில் அறியப்பட்டுள்ளன. எனவே, தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களில் காணப்படும் பண்புகளின் அடிப்படையில் அவை எந்தவிதத் தட்பவெப்ப காரணிகளுக்கு

உட்பட்டிருக்கலாம் என்பதை ஓரளவுக்கு அறிய முடியும்; அதாவது விளைவுகளிலிருந்து காரணத்தை அறிய முடியும்.

தட்பவெப்ப காரணிகள் மூன்று வகையான மாற்றங்களைத் தாவரங்களில் ஏற்படுத்த முடியும்: (i) வாழ்வியல் மாற்றங்கள் (ii) ஜீன் வகைய மாற்றங்கள் (iii) புறவகைய மாற்றங்கள். இவற்றில், தொல்லுயிர்த் தாவரங்களின் புறவகையப் பண்புகளிலிருந்து தொல்தட்ப வெப்பநிலை பற்றி ஓரளவுக்கு அறிய முடிகிறது.

ஏரங்கைமா திசு காணப்படுதல், மெல்லிய குயூட்டிகிள் படலம் இருத்தல், வலிமை தரும் திசுக்களான ஸ்கெலரங்கைமா, சைலம்திசு போன்றவை மிகக் குறைவாகக் காணப்படுதல் போன்ற பண்புகள் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களில் இருந்தால் அவை நீர்நிறைந்த அல்லது சதுப்புநிலங்களில் வாழ்ந்திருக்கலாம் என்பதைச் சுட்டுகின்றன. எடுத்துக்காட்டுகளாக *டியூபிகாலிஸ், சரோனியஸ்*, ஹைட்ராப்டெரினே உறுப்பினர்கள் போன்றவற்றைக் குறிப்பிடலாம். இதற்கு மாறாக தடிப்பான குயூட்டிகிள் படலம், உள்ளழுந்திய நிலையில் உள்ள இலைத்துளைகள், நன்கு வளர்ந்த வலிமைதரும் திசுக்கள், நன்கு வளர்ந்த வாஸ்குலத்திசு போன்றவை வரட்சியான சூழலைச் சுட்டுகின்றன. இதற்கான எடுத்துக்காட்டுகளாக, *டெம்ப்ஸ்கியா, கார்டைட்டஸ், நோஎக்கரதியாப்சிஸ்* (*Noeggerathiopsis*) போன்ற தொல்லுயிர் எச்சங்களைக் குறிப்பிடலாம். கோனிஃபர் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் குளிர்ந்த தட்பவெப்பநிலையையும், பசுமையிலைத் தொல்லுயிர் எச்சங்களும், மரமொத்த ஏறு கொடி எச்சங்களும், வெப்பமண்டிலத் தட்பவெப்ப நிலையையும், தொல்லுயிர் எச்சக்கட்டைகளில் நன்கு வளர்ந்த வளர்ச்சி வட்டங்கள் காணப்பட்டால் அவை மாறிமாறி காணப்படும் பருவங்களைக் கொண்ட தட்பவெப்ப நிலையையும் சுட்டுவதாகக் கொள்ளலாம். (எடுத்துக்காட்டுகள்: சைகடுகள், *டேடோசைலான், புரோட்டோடேக்சோசைலான், மிசெம்பிரியோசைலான்* போன்றவை).

**2. இந்தியாவின் கீழ், மேல் கோன்டவானா காலத்து தொல்தட்பவெப்பநிலை**

கணவன் மனைவியான அனில் சந்திராவும் ஷைலா சந்திராவும் (Chandra and Chandra 1988) இந்தியாவின் கீழ் கோண்ட்வானா காலத்து தொல்தட்பவெப்ப நிலையில் இருந்த மாற்றங்களைக் கண்டறிய சீரிய ஆய்வுகள் மேற்கொண்டனர். கீழ்கோண்ட்வானாவின் தொடக்ககாலத்தில் [இது தால்சிர் (Talchir) நிலை எனப்படுகிறது] தட்பவெப்பநிலை மிகவும் குளிராக அமைந்திருந்தது; அதன்பின் இது ஓரளவுக்குத் தாங்கக்கூடிய குளிராக மாறியது [கார்கபாரி (Karhabari), பரகார் (Barakar), குல்டி (Kulti or Barren Measure), ராணிகஞ்ச் (Ranjiganj) நிலைகளில்]. ஓரளவுக்குக் குறைந்த தட்பவெப்பநிலையை ஈரப்பதன் அதிகரிப்பும், மழையின் அதிகரிப்பும் தொடர்ந்தன; இந்த மாற்றம் காரணமாக டெரிடோஃபைட், ஜிம்னோஸ்பெர்ம் தாவரங்கள் மிகவும் நன்கு வளர்ந்தன. இந்த நிலையைத் தொடர்ந்து திடீரென ஓரளவுக்கு வறண்டசூழ்நிலை (semi-arid) ஏற்பட்டது; இந்நிலை கம்தி (Kamthi) பகுதி தொல்லுயிர் எச்சங்களிலிந்து தெளிவாகிறது (அட்டவணை 6).

**அட்டவணை 7: கீழ் கோண்டாவானா தாவரத்தொகுப்பும் தொல்தட்ப வெப்பநிலையும் (தகவல்: சந்திரா & சந்திரா 1988)**

| நிலைகள் | பாறையியல் | தாவரத்தொகுப்பு | ஓங்கி காணப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சங்கள் | தொல் தட்பவெப்பநிலை |
|---|---|---|---|---|
| கம்தி | சிவப்பு, சாம்பல்நிற வண்டல்பாறை, சிவப்பு மென் பாறைகள் | சிறிய, நடுத்தர, பெரிய மரமொத்த தாவரங்கள் | *கிளாசாப்டெரிஸ்* (43 சிற்றினங்கள்), பெரணிகள், ஈக்குவிசீட்டேல்ஸ் | வெப்ப, வறண்ட பகுதி–வறண்ட தட்பவெப்பம் |
| ராணிகஞ்ச் | தடிப்பான, அடுக்குகளாலான வண்டல் பாறைகள், மென் பாறைகள், நிலக்கரி படுகைகள் | மிகப் பசுமையான அடர்ந்த காடுகள், சிறிய, நடுத்தர, பெரிய மரமொத்த தாவரங்கள் | *கிளாசாப்டெரிஸ்* (42 சிற்றினங்கள்), பெரணிகள், ஈக்குவிசீட்டேல்ஸ், கனிம உறுப்புகள் அதிகம் | வெப்ப, மிதவெப்ப மண்டில தட்பவெப்பநிலை விட்டுவிட்டு பெய்த மழை |
| குல்டி | தடித்த, மைக்கா நிறைந்த பாறைகளும், பெரிய துகள்கள் கொண்ட மணற்கல் | சிதறிக் காணப்பட்ட காடுகள், பல செடிவகைத் தாவரங்கள் | *கிளாசாப்டெரிஸ்*, லைக்கோபோடுகள், பெரணிகள் | வெப்ப, மிதவெப்ப மண்டில தட்பவெப்ப நிலையும், வறண்ட வெப் |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | பாறைகளும்,, நிலக்கரி படுகைகள் இல்லை. | | | காலமும் நீர்ப்பசையுடைய காலமும் மாறிமாறி காணப்பட்டன |
| பரகார்கள் | மென் பாறைகள், நன்கு உண்டான அடுக்குகளுடன், நிலக்கரிப் படுகைகள் | நன்கு வளர்ந்த மரமொத்த தாவரங்களும், செடி, குறுமரத் தாவரங்களும் | *கிளாசாப்டெரிஸ்* (12 சிற்றினங்கள்), ஈக்குவிசீட்டேல்ஸ், கோனிஃபர்கள், பெரணிகள் அரிது | வெப்ப மண்டில, தட்பவெப்பநிலை, மிக அதிக மழைப் பொழிவு |
| கார்கபாரி | கார்பன் கொண்ட மணற்கல் பாறை, நிலக்கரி அடுக்குகள் | மென்மையான செடிகள், குறுமரங்கள்,, காடுகள் அடர்த்தி அற்றவை | *கங்கமாப்டெரிஸ்* (17 சிற்றினங்கள்) *நோ எக்கராத்திரிப்சிஸ்* (11 சிற்றினங்கள்), *கிளாசாப்டெரிஸ், கோன்ட்வானிடியம், யூரிஃபில்லம்,* பெரணிகள் ஈக்குவிசீட்டேல்ஸ் | குளிர்ந்த தட்பவெப்பநிலை, மிகவும் வேகமான காற்றுகள், போதுமான அளவு சூரிய ஒளியும், மழைப் பொழிவும் |
| தால்சிர் | டில்லைட்டுகள், பச்சை நிற மணற்கல் பாறைகளும் மென் பாறைகளும் | மிகவும் குறைவான, ஆங்காங்கே காணப்பட்ட தாவரத் தொகுப்பு, செடிகளும், சிறு குறுமரங்களும் | *கங்கமாப்டெரிஸ் நோஎக்கராத்தியாப்சிஸ், பரனோகிளேடஸ், கிளாசாப்டெரிஸ்* | மிகவும் குளிர்ந்த தட்பவெப்பநிலை, மிகவும் குளிர்ச்சியான காற்றுகள், பனிப்பாறைகள் |

மேல் கோன்ட்வானா தாவரத் தொகுப்பு *டிலோஃபில்லம்,* ஈக்குவிசீட்டேல்ஸ், ஃபிலிகேல்ஸ், டெரிடோஸ்பெர்ம்கள், சைகடோஃபைட்கள், கோனிஃபர்கள், ஜிங்கோவேல்ஸ் போன்றவற்றின் அதிகப்படியான தாவரங்களைக் கொண்டிருந்தது. மேல் கோன்ட்வானாவின் பழைய தொகுப்புகளில் (கீழ், நடு ஜுராசிக் காலம்) சைகடேல்கள் மிகவும் சாதாரணமாகவும், கோனிஃபர்கள் குறைவானதாகவும் காணப்பட்டன. சைகடோஃபைட்களின் அதிக எண்ணிக்கையும், டிப்டெரிடு பெரணிகளான மராட்டியேசி, மடோனியேசி, ஆஸ்மண்டேசி போன்றவற்றின் இருப்பும் ஒரு வெப்பமான, ஈரப்பசையுடைய மிதவெப்ப மண்டில தட்பவெப்ப நிலையிலிருந்து வெப்பமண்டில தட்பவெப்ப நிலை வரை காணப்பட்டது என்பதைச் சுட்டுகின்றன. இதற்கு மாறாக, மிக அதிக எண்ணிக்கையில்

கோனிஃபர்களும், ஜிங்கோஃபைட்களும், பெரணிகளான ஷைசேயேசி, கிளைக்கீனியேசி, பாலிபோடியேசி போன்றவைகளும் குளிர்மண்டில தட்பவெப்பநிலை இருந்ததைக் குறிக்கின்றன. எனவே, மேல் கோன்ட்வானாவின் தொடக்க காலத்திலிருந்து பிற்காலம் வரை ஒரு தொடர்ச்சியான தட்பவெப்பநிலை மாற்றம் காணப்பட்டது. மேல் கோன்ட்வானா காலத்துத் தாவரக்கூறுகள், அவற்றின் வளரியல்பு, புவியியல் பரவல் தொல்தட்ப வெப்பநிலை போன்றவைத் தொடர்பாகத் தாவரத் தொகுப்பினைப் பற்றிய மிக விவரமான ஆய்வுகளிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவெனில் இக்காலக் கட்டத்தில் பல்வேறு வளரிடங்கள் (கடற்கரைக் பகுதிகள், ஆற்றுப் பள்ளத்தாக்குகள், வெள்ளப்படுகைகள், குன்றுகள் போன்றவை) காணப்பட்டன என்பது தெளிவாகிறது.

## 3. இந்தியாவின் டெர்ஷியரி காலத்துத் தொல்தட்பவெப்பவியல்

மத்தியப்பிரதேசத்திலும், மகாராஷ்ட்ராவிலும் காணப்பட்ட டெக்கான் இன்டர்டிராப்பிய (Deccan Intertrappean) படுகைகளில் காணப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களில் மேற்கொள்ளப்பட்ட விவரமான ஆய்வுகளின் அடிப்படையில், தற்காலத்து மேற்குத் தொடர்ச்சி மலைகளிலும், வடகிழக்கு இந்தியப் பகுதிகளிலும் காணப்படும் பசுமையிலைக் காடுகள், பகுதி பசுமையிலைக் காடுகள் போன்ற தொல்தாவரத் தொகுப்புகள் காணப்பட்டன என்று அறியப்படுகிறது. இவ்விடங்களில் காணப்பட்ட தொல்தட்ப வெப்பநிலை ஈரப்பதமும், வெப்பமண்டிலத் தன்மையும் கொண்டதாகவும், மழைப்பொழிவு ஆண்டுக்கு 200 செ.மீ.க்கும் அதிகமாக பெற்றும் காணப்பட்டது. தொல்புவிநிலத்தியல் (paleogeography) அடிப்படையில் பார்க்கும்போது இந்தியா புவியின் மையக்கோட்டிற்கு அருகிலும், கடலுக்கு அருகாமையிலும், மேற்குத்தொடர்ச்சி மலையைப் பெற்றிராமலும் காணப்பட்டது. நாக்பூர்–சின்ட்வாரா பகுதியில் மேற்கொள்ளப்பட்ட தொல்தாவரவியல் ஆய்வுகளின்படி பின்வரும் வளர்சூழல்கள் அப்பகுதிக்கு அருகாமையில் காணப்பட்டதாகக் கருதப்படுகிறது: கடல்சூழல் (*டிஸ்டிகாப்லேக்ஸ், பீசோனீலியா, சொலினோஸ்போரா* போன்றவற்றால் சுட்டப்படுகிறது), அலையாத்தி காட்டுச்சூழல் (Mangroves) (*சோனரேஷியா, நைபா* போன்றவற்றால் சுட்டப்படுகிறது), கடலோரச்சூழல் (தென்னை), (நன்னீர்சூழல் நன்னீர்வாழ் பாசிகள்,

நீர்ப்பெரணிகள் (*அசோலா*), நீர்வாழ் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களான *பேரிங்டோனியா, ஈஸ்கினோமீன்*], நிலச்சூழல் [ஆரக்கேரியேசி, போடோகார்பேசி].

டெர்ஷியரி காலத்துத் தொல்லுயிர் தாவரத்தொகுப்பு கடலூர் மணற்கல் பாறை வரிசையிலும் காணப்படுகிறது. இவ்வகைத் தொகுப்பு ஸ்ரீபெரும்புதூர், திருவக்கரை போன்ற இடங்களில் ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளது. ஏறத்தாழ 29 பேரினங்களைச் சேர்ந்த 48 சிற்றினங்கள் இப்பகுதியிலிருந்து அறியப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் 12 ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தாவரகுடும்பங்களும் அடங்கும். இதர தாவரங்கள் பெரும்பாலும் ஜிம்னோஸ்பெர்ம் கட்டைகளாகும். இங்கும் வெப்ப மண்டிலத்தட்பவெப்பநிலை காணப்பட்டது அறியப்படுகிறது.

## VI. தொல்மகரந்தவியல்

### 1. தொல் மகரந்தவியல்: வரையறை, ஆய்வுமுறைகள், வகைப்பாடு

தொல் மகரந்தவியல் (Paleopalynology) தொல்தாவரவியலின் ஒரு பிரிவாகும். தொல்லுயிர் எச்ச மகரந்தத்தூள்கள், வித்துக்கள், நுண்ணுயிரிகளின் இனப்பெருக்க உறுப்புகள் போன்றவற்றைப் பற்றிய அறிவியல் தொல் மரகந்தவியல் எனப்படுகிறது. ஒரு சில தொல்உயிரியல் அறிஞர்கள் நுண்பாசிகள், பூஞ்சைகள், மிதப்புயிரிகள் (planktons), ஃபொராமினிஃபெரா (Foraminifera) போன்றவற்றையும் தொல்மகரந்தவியல் ஆய்வுகளில் சேர்த்தாலும், இவை வேறு சிலரால் **நுண் தொல்லுயிர் எச்சங்களாக** (microfossils) கருதப்படுகின்றன. இந்த அத்தியாயத்தில் தொல்மகரந்தவியலில் மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் மட்டுமே கருதப்பட்டுள்ளன.

மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் மிகவும் நுண்ணிய அளவினைக் கொண்டிருப்பதாலும், அவற்றின் ஸ்போரோபொல்லினின் (Sporopollenin) உறை வேதிப்பொருட்களின் தாக்கத்திற்கும் பாதிப்படையாமல் இருப்பதாலும், அவை எளிதில் அழிவதில்லை, உடைவதில்லை, நன்கு பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும், இவை வெப்பத்தாலும், அழுத்தத்தாலும் பாதிப்படைவதில்லை. எனவே இவற்றைப் பாறைகளிலிருந்து எளிதில் பிரித்தெடுக்கலாம். பாறைகளின் புறப்பரப்பிற்குச் சற்று கீழே இவை மிகவும் அதிகமாகக் காணப்படுவதால், தொல்தாவரவியல் தொடர்பான அளவுசார் ஆய்வுகளுக்கு மிகவும் உகந்ததாக அமைகின்றன. ஒரு சிறிய அளவு பாறையிலிருந்து மிக அதிக அளவு மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் பெறப்படுகின்றன.

காற்று மூலம் பரவலடைந்த மகரந்தங்களும், வித்துகளும் அனைத்துப் படிமச் சூழல்களிலும் படிகின்றன; எனவே, அவற்றின் மூலச்சூழலில் காணப்படும் தடைகளும், சிக்கல்களும் மற்ற தாவர உறுப்புகளைப் பாதிப்பதுபோன்று மகரந்தங்களையும், வித்துக்களையும் எளிதில் பாதிப்பதில்லை. பெரும்பாலான மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் மிக அதிக தூரத்திற்குப் பரவலடைவதில்லை என்பதாலும், அவற்றின் புறவமைப்புப் பண்புகளின் அடிப்படையில் அவற்றை மிகவும் எளிதாக

அடையாளம் காண முடியும் என்பதாலும், அவை ஒரு மிகக் குறுகிய புவியியல் காலத்தில் மட்டும் காணப்படுவதாலும் வட்டார மற்றும் சிறிய பகுதிகளை ஒப்பிட அவற்றை மிகச் சிறப்பான குறியீட்டுத் தொல்லுயிர் எச்சங்களாகப் (index fossils) பயன்படுத்தலாம். மகரந்தங்களும் வித்துக்களும், நன்னீர், கடல்சூழல்களிலும் காணப்படுவதால் முன்மாதிரி கடல்சார் பாறை வரிசைகளை, கடல்சார்பற்ற பாறை வரிசைகளோடு இவற்றின் அடிப்படையில் எளிதில் ஒப்பிட முடிகிறது.

எனினும், தொல்லுயிர் எச்ச மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் ஒருசில சிக்கல்களையும் ஏற்படுத்துகின்றன. இவற்றின் மிக நுண்ணிய அளவின் காரணமாக, மகரந்தங்களும் வித்துக்களும் பாறை அடுக்குகளின் ஊடே சுழற்சியடையும் நீரினால் எளிதில் நீக்கப்படுகின்றன. இந்த காரணத்தினால் காலத்தால் மூத்த மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் எளிதாக இளைய பாறைப் படிவுகளில் சேர்க்கப்படுகின்றன; இதன் விளைவாக படிம அளவியல் (stratigraphic) கருத்து முடிவெடுப்பில் சிக்கல்கள் ஏற்படலாம். மேலும், பாறைகளிலிருந்து மகரந்தங்களையும் வித்துக்களையும் பிரித்துத் தனியாக எடுப்பது எப்பொழுதுமே எளிதாக இருப்பதில்லை. இவ்வாறு பாறைகளிலிருந்து இவற்றைப் பிரித்தெடுக்கப் பயன்படுத்தப்டும் ஒரு சில வேதிப்பொருட்கள் இவற்றின் நிறத்தை மாற்றிவிடலாம். காலத்தால் மூத்த பாறை அடுக்குகளில் மகரந்தங்களையும், வித்துக்களையும் அவற்றை உண்டாக்கிய தாவரங்களுடன் தொடர்பு படுத்துவது மிகக் கடினம். மகரந்தத்தூள்கள், வித்துக்கள் ஆகியவற்றின் வகைப்பாடு அவற்றின் புறப்பண்புகளின் அடிப்படையில் மட்டும் அமைந்திருப்பதால் இந்த அடிப்படைகளின்படிதான் படிம அளவியல், தொல்புவியியல் முடிவுகள் எடுக்கப்படுகின்றன.

பாறைகளிலிருந்து மகரந்தங்களையும், வித்துக்களையும் பிரித்தெடுப்பதில் மூன்று முக்கிய செயல்கள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும்: (i) மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் படிந்துள்ள பாறை ஊடகம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு நீக்கப்பட வேண்டுமோ அந்த அளவுக்கு நீக்கப்படவேண்டும்; இச்செயலால் இவற்றிற்கு எந்தவித பாதிப்பும் ஏற்படக்கூடாது. (ii) பிரித்தெடுக்கப்பட்ட மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் போதிய அளவு அடர்த்தியில்/செறிவில் இருக்க வேண்டும். (iii) எவ்வளவு

விரைவாக பிரித்தெடுக்க முடியுமோ அவ்வளவு விரைவாக பிரித்தெடுக்கப்பட வேண்டும்.

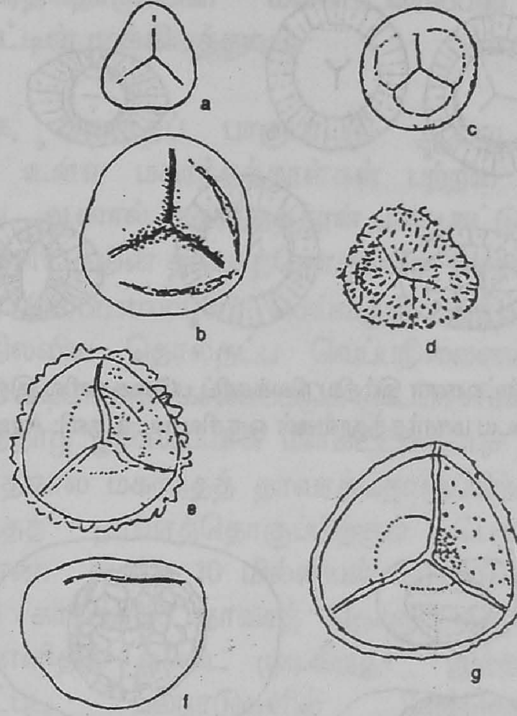
மகரந்தங்களையும், வித்துக்களையும் பாறை ஊடகத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கப் பின்வரும் முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது: முதலில் பாறைகள் பொடியாக்கப்பட்டு அவற்றுடன் வேதிப்பொருட்கள் இடைவினை செய்யப்படுகின்றன. பாறையில் உள்ள கார்பனேட்டுகளும், சிலிகேட்டுகளும் முறையே ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தாலும், ஹைட்ரோஃபுளூரிக் அமிலத்தாலும் நீக்கப்பட்டு கனிமப்பொருட்கள் நீக்கப்பட்டு கரிமப்பொருட்கள் மட்டும் நிலைத்திருக்கின்றன. பின்பு நைட்ரிக் அமில தாக்கத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டு கரிமப்பொருட்கள் ஆக்சிஜனேற்றம் (oxidation) செய்யப்படுகின்றன. ஒரு சிலர் நைட்ரிக் அமிலத்திற்குப் பதிலாக $KC10_3$ அல்லது குளோரிக் அன்ஹைட்ரைடை பயன்படுத்துகின்றனர். ஆக்சிஜனேற்றம் பெற்ற கரிமப்பொருட்கள் 10% பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடு கரைசலில் கரைக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட கரிமப்பொருளைக் கண்ணாடித்தகட்டில் வைத்து, கண்ணாடித்தாளினால் மூடி நுண்நோக்கியில் பார்த்தால் மகரந்தங்களும், வித்துக்களும் நன்கு காணப்படும். ஒரு சிலர் பாறை ஊடகத்திலிருந்து மகரந்தங்களையும் வித்துக்களையும் பிரிக்க புவிஈர்ப்பு விசை முறையைப் பயன்படுத்துகின்றனர். பொதுவாக மரகந்தத்தூள்கள், வித்துக்கள் ஆகியவற்றின் ஒப்பு அடர்த்தி (specific gravity) 1.3 முதல் 1.7 வரை இருக்கும். துத்தநாக குளோரைடு (ஒப்பு அடர்த்தி 1.96) அல்லது பொட்டாசியம் அயோடைடு அல்லது காட்மியம் அயோடைடு (ஒப்பு அடர்த்தி 2.3) ஆகியவற்றின் நீர்மக்கரைசலில் மகரந்தத்தூள், வித்து ஆகியவை கொண்ட பாறைத் துகள்களை மைய விலகுவிசைக் கருவியில் வைத்து மையவிலகு விசைக்கு உட்படுத்தினால், எடை குறைவான வித்துக்களும், மகரந்தங்களும் மேல் அடுக்கில் மிதக்கும். இவற்றை எளிதாக பிப்பெட் கொண்டு எடுத்து விடலாம்.

இவ்வாறு பிரிக்கப்பட்ட வித்துக்களையும், மகரந்தங்களையும் அளவுசார் அல்லது பண்புசார் ஆய்வுகளுக்கு உட்படுத்தலாம். அளவுசார் ஆய்வில் வெவ்வேறு வகை வித்துக்களும், மகரந்தங்களும் எந்த அளவுக்கு இருக்கின்றன என்பதை அறியலாம். எனவே, எந்த தொகுதி தாவரங்கள் அப்பாறை உள்ள பகுதியின் தாவரத்தொகுப்பில்

ஓங்கியிருந்தன அல்லது அரிதாக இருந்தன என்று எளிதில் அறியலாம். பண்புசார் ஆய்வில் அவை எந்தத் தாவரத்தைச் சேர்ந்தவை என்று அடையாளங் கண்டுணரப்படுகின்றன. தொல் மகரந்தங்கள், வித்துக்கள் போன்றவை போடோனி (Potonie 1956, 58, 70), பரத்வாஜ் (1962) ஆகியோரின் செயற்கை வகைப்பாட்டு ஒருங்கின் மூலம் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. மகரந்தப் பொழிவு (Pollen rain) கடல்நோக்கிய திசையில் மெதுவாகக் குறைகிறது. கடலோரத்திற்கு அருகிலும் கடலிலும் மகரந்தங்களின் திரள்கள் வெகுவாகக் குறைந்து காணப்படும். எனவே, மகரந்தங்களின் அளவை வைத்து ஓரிடத்தில் முற்காலத்தில் கடல் ஓரப்பகுதி எங்கு இருந்தது என்பதை எளிதில் நிர்ணயம் செய்யலாம்; இதனுடன் கூட கடல்வாழ்ந்த தொல்லுயிர் எச்சங்களின் எண்ணிக்கையும் ஆய்வுக்கு எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

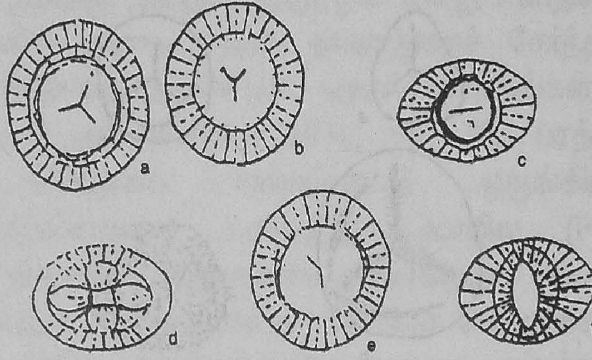
பாறைகளிலிருந்து பிரித்தெடுக்கப்பட்ட மகரந்தங்கள், வித்துக்கள் ஆகியவற்றின் அதிக முக்கியத்துவம் என்னவெனில் அவை கொடுக்கும் விவரங்களின் அடிப்படையில் தொல் தட்பவெப்பநிலையை எளிதில் அறியலாம்.

பிர்பால் சாஹ்னி கீழ் கோண்ட்வானா நிலக்கரிப்படுகைகளில் உள்ள மகரந்தத்தூள்கள், வித்துக்கள் பற்றிய ஆய்வை இந்தியாவில் தொடங்கினார் (Sahni 1940, 1948). படிமப்பாறை அளவீட்டியல் தொடர்புகளைக் (stratigraphic correlations) கண்டுபிடிக்க இவை மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை என்று சாஹ்னி எடுத்துரைத்தார். திவாரி (Tiwari 1991) நிலக்கரிப்படுகையின் தொல் மகரந்தவியல் விவரங்களைத் தொகுத்து வழங்கியுள்ளார். இங்கு பெறப்பட்ட ஒரு சில வித்துக்கள் படம் 218–இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

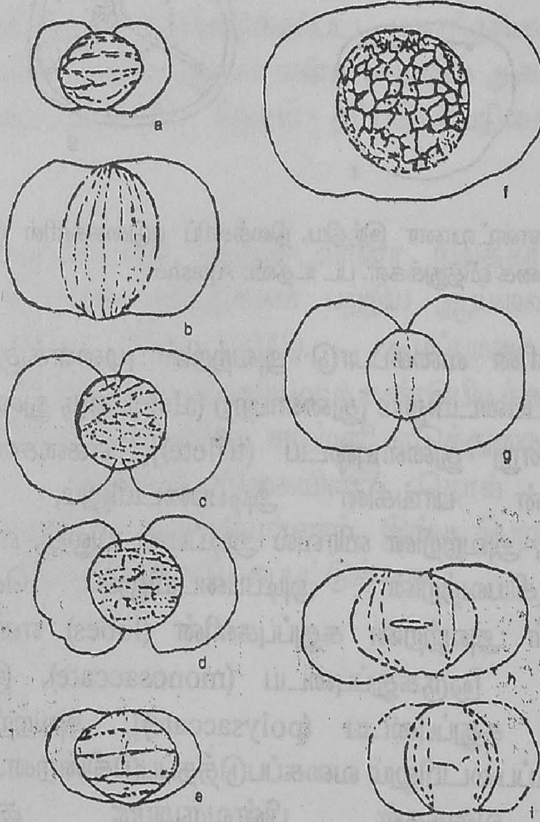



படம் 218: கீழ்கோன்ட்வானா இந்திய நிலக்கரிப் படுகைகளில் இருந்து பெறப்பட்ட சிலவகை வித்துக்கள். பட உதவி: Agashe

வித்துக்களின் வகைப்பாடு அவற்றின் முளைக்கும் பகுதிகளின் அமைப்பின் அடிப்படையிலும் [துளையற்ற (alete), ஒரு துளைகளையுடைய (monolete), மூன்று துளையுடைய (trilete)], எக்சைனின் புறப்பரப்பு அலங்காரங்களின் பாங்கின் அடிப்படையிலும், புறவளரிகளின் அடிப்படையிலும், அவற்றின் விரவல் அடிப்படையிலும், எக்சைன் தடிப்பு, அமைப்பு ஆகியவற்றின் அடிப்படையிலும் செய்யப்படுகிறது. மகரந்தத்தூள்கள் அவற்றின் கதுப்புகளின் (lobes) எண்ணிக்கையின் அடிப்படையிலும் [ஒருகதுப்புடைய (monosaccate), இருகதுப்புடைய (bisaccate), பல கதுப்புடைய (polysaccate)], அவற்றின் எக்சைன் பண்புகளின் அடிப்படையிலும் வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றில் மிக முக்கியமான வகைகள் பின்வருமாறு: *கல்லுமிஸ்போரா*, *பாரசேக்கைட்டஸ்*, குரூசிசேக்கைட்டஸ், *ஃபானிபொல்லினைட்டஸ்* போன்றவையாகும் (படங்கள் **219, 220**).



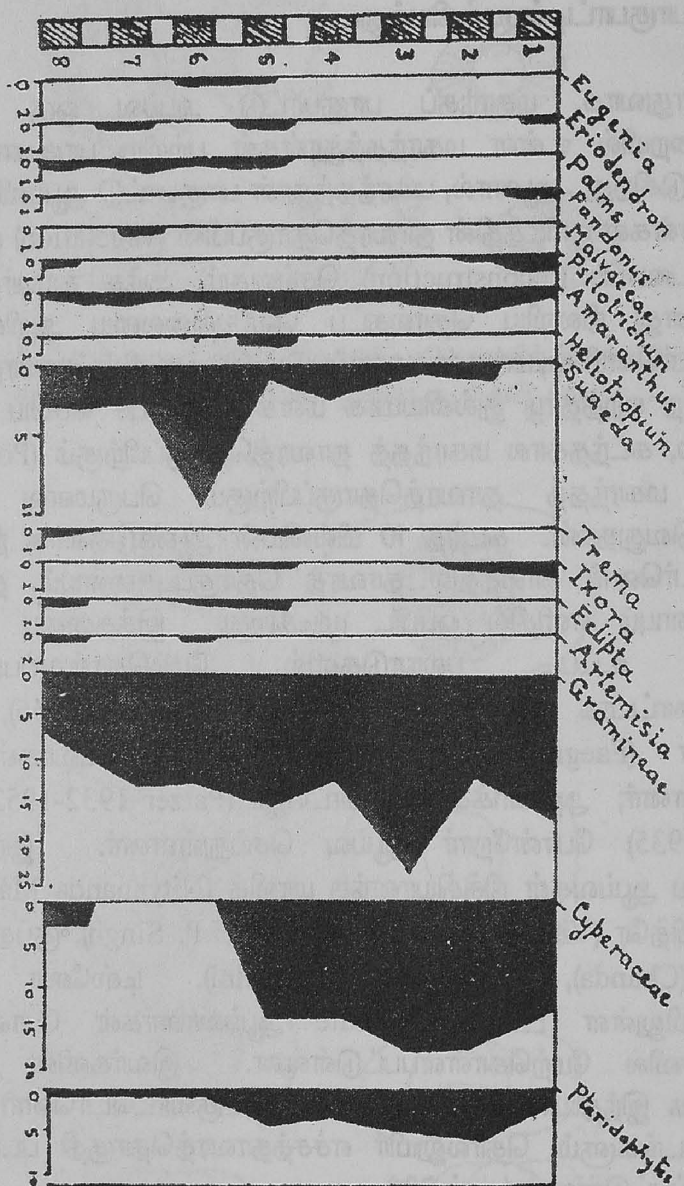

படம் 219: கீழ்கோண்ட்வானா இந்திய நிலக்கரிப் படுகைகளில் இருந்து பெறப்பட்ட ஒரு கதுப்புடைய மகரந்தத்தூள்கள் ஒருசில. பட உதவி: Agashe




படம் 220: கீழ்கோண்ட்வானா இந்திய நிலக்கரிப் படுகைகளில் இருந்து பெறப்பட்ட இரு கதுப்புகளுடைய மகரந்தத்தூள்கள் ஒருசில. பட உதவி: Agashe

## 2. தொல்தாவரத்தொகுப்பின் மீள்கட்டமைப்பில் தொல்லுயிர்எச்ச மகரந்தப்பாகுபாட்டின் முக்கியத்துவம்

பொதுவாக, மகரந்தப் பாகுபாட்டு ஆய்வு ஒரு குறிப்பிட்ட படிமப்பாறையில் உள்ள மகரந்தத்தூள்கள் பற்றிய பாகுபாடாகத்தான் செய்யப்படுகிறது. ஆனால், மகரந்தத்தூள் பாகுபாட்டு ஆய்வின் முக்கிய குறிக்கோள்கள் ஓரிடத்தின் தாவரத்தொகுப்பின் (vegetation) வரலாற்றை மீள் கட்டமைப்பு (reconstruction) செய்வதும், அந்த தாவரத்தொகுப்பு இருந்தபோது நிலவிய தொல்தட்ப வெப்பநிலையை அறிவதும்தான். குவாட்டெர்னெரி படிமங்கள் காணப்படும் இடங்களின் தாவரத்தொகுப்பு வரலாற்றை ஏறத்தாழ துல்லியமாக மீள்கட்டமைப்புச் செய்ய முடிகிறது; ஏனெனில், கடந்தகால மகரந்தத் தாவரத்தொகுப்பிற்கும் (Pollen flora) தற்கால மகரந்தத் தாவரத்தொகுப்பிற்கும் பெருமளவு ஒற்றுமை காணப்படுவதுதான். கடந்த 10 மில்லியன் ஆண்டுகளாக நிலவிவந்த குவாட்டெர்னெரி காலத்தில் தாவரத் தொகுப்புகளையும், தட்பவெப்ப நிலைகளையும் எளிதில் ஒப்பிட முடிகிறது. இத்தகைய ஆய்வுகள் இந்தியா உட்பட பலநாடுகளில் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக ஐரோப்பாவில் காட்வின் (Godwin 1956), ஃபேக்ரி, ஐவர்சென் (Faegri and Iverson 1964) ஆகியவர்கள் ஆய்வு செய்துள்ளனர்; அமெரிக்காவில் பாட்ஜெர் (Patzer 1932-1952), சியர்ஸ் (Sears 1935) போன்றோர் ஆய்வு செய்துள்ளனர். இந்தியாவில் இத்தகைய ஆய்வுகள் நித்தியானந்த மாலிக் (Nityananda Malik 1969), விஷ்ணு மித்ரே (Vishnu-Mittre), H.P. சிங் (H.P. Singh), குப்தா (Gupta) சந்தா (Chanda), கராட்டினி (Caratini), டிஸ்ஸோ (Tissot), புதுச்சேரியிலுள்ள French Institute ஆய்வாளர்கள் போன்றோரால் அதிகஅளவில் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. இவர்களின் ஆய்வின் விளைவாக இந்தியாவின் பல பகுதிகளின் குவாட்டெர்னெரி காலத்து மகரந்தப்படங்களும், தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத்தொகுதி படமங்களும் வெளியிடப்பட்டுள்ளன (படம் 221).




**படம் 22t:** கல்கத்தா நகரத்து சதுப்புக்கரி படுகையின் மகரந்தக் காலங்காட்டிப் படம். பட உதவி: Malik

## VII தொல்தாவரவியலும் தொல்லுயிர் எச்ச எரிபொருட்களும்

### 1. பெட்ரோலிய எண்ணெய்

### அ. முன்னுரை

இயற்கையாக கிடைக்கும் தொல்லுயிர்எச்ச எரிபொருட்களில் மிக முக்கியமானதும், மிக அரிதானதுமான எரிபொருள் பெட்ரோலியம் ஆகும். பெட்ரோல், பெட்ரோலிய எண்ணெய், எரிஎண்ணெய் என்று பல பெயர்களால் அழைக்கப்படும் இந்த எரிபொருளை உண்டாக்க இயற்கை பல மில்லியன் ஆண்டுகள் எடுத்துக் கொண்டுள்ளது. தங்கப்பாய்மம் என்றும் தங்கநீர்மம் என்று இது அழைக்கப்படுவது மிகவும் பொருத்தமானதாகும். புவியின் மேலோட்டின் மிக ஆழமான பகுதியில் படிமமாகப் படியப்பட்டுள்ள கரட்டு எண்ணெயில் இருந்து இது சுத்திகரிக்கப்படுகிறது. இந்தத் தொல்லுயிர் எச்ச எரிபொருள் பல்வேறு பயன்களை அளிப்பதால் இது தொடர்பான பல தொழில்கள் உலகின் பல்வேறு பகுதிகளில் தொடங்கப்பட்டுள்ளன. எரிபொருளாக மட்டுமின்றி இதிலிருந்து கிடைக்கும் துணைவிளைப் பொருட்கள் உரம், மருந்து, பிளாஸ்டிக் போன்ற தொழில்களில் மிகவும் பயன்படுகிறது. சுமேர் (Sumer) பகுதியில் ஏறத்தாழ 6000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பே அஸ்ஃபால்ட் (asphalt) என்ற பெட்ரோலிய பொருள் கட்டிடங்களில் இணைப்புப் பொருளாகப் (cementing) பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது; இதனைப் பயன்படுத்தி வரலாற்று முக்கியத்துவம் வாய்ந்த பிரமிடுகள் கட்டமைப்புசெய்யப்பட்டுள்ளன. ஈரோடோடஸ் (Herodotus ca 450 B.C.E) எழுத்துக்களில் பல பெட்ரோலியப்பொருட்கள் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது.

முதலில் பெட்ரோலியத்தை யார் கண்டுபிடித்தார் என்ற விவரம் தெளிவாக அறியப்படவில்லை என்றாலும், எட்வின் லாரென்டைன் டிரேக் (Edwin Laurentine Drake) என்பவர் முதல் எண்ணெய்க் கிணறை 1859–ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்டு 27–ஆம் தேதி பென்சில்வேனியாவின் டைடஸ்வில்லே என்ற இடத்தில் தோண்டினார் என்று அறியப்படுகிறது. 1859–ஆம் ஆண்டு உலகிற்கு நன்கு அறிமுகப்படுத்தப்பட்ட போதிலும், கெரோசீன் என்ற ஒருவகை பெட்ரோலியப் பொருள்தான் முதன்முதலில்

அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. எரி எண்ணெயாகப் பயன்படுத்தப்பட்ட இந்தப் பொருள் 1859 முதல் இன்று வரை எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வருவது குறிப்பிடத்தக்கது. மோட்டர் எஞ்சின் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்பு பெட்ரோலியத்தின் மதிப்பு மிக அதிக அளவு பெருகியது.

## ஆ. பெட்ரோலிய எண்ணெய்யின் புவியியல் இருப்பு

'பெட்ரோலியம்' என்ற சொல்லின் பொருள் 'பாறை எண்ணெய்' என்பதாகும். பாறைகளின் இடையே காணப்படுவதால் இப்பெயரைப் பெற்றது. கேம்பிரியன் பாறைகளிலிருந்து பிளையோசீன் பாறைகள் வரை பல்வேறு புவியியல் காலத்து பாறைகளில் இது காணப்படுகிறது. எனினும், மிகவும் வளமான எண்ணெய் ஜுராசிக் காலத்து பாறைகளிலிருந்து மையோசீன் காலத்து பாறைகள் வரை உள்ள பாறைகளிலிருந்து தான் பெறப்படுகிறது. பெட்ரோலியம் மிகச் சிக்கலான ஹைட்ரோகார்பன் நீர்மமாகும். இதன் நிறம் வெளிரிய பழுப்பு நிறத்திலிருந்து, அடர்பழுப்பு, கருப்புநிறம் வரை உள்ளது. இதன் ஒப்பு அடர்த்தி 0.8 முதல் 0,98 வரை உள்ளது. கரட்டு பெட்ரோலியம் திட, நீர்ம, வளிநிலைகளில் உள்ள ஹைட்ரோகார்பன்களின் கலவையாக உள்ளது.

பெட்ரோலியம் உண்டான இடமும் அது தற்போது காணப்படும் இடமும் ஒன்றாக இருக்கலாம், அல்லது வெவ்வேறாக இருக்கலாம். நுண்துகள்கள் அல்லது கரட்டுத்துகள்கள் கொண்ட படிமப்பாறைகளான மென்பாறைகள், மணற் கல்பாறைகள், சுண்ணாம்புக்கல் பாறைகள் போன்ற சேமிப்புப் பாறைகளின் (reservoir rocks) துளைகள், இடைவெளிகள் போன்றவற்றில், உண்டானவுடன் எண்ணெய் படிகிறது. எனவே சேமிப்புப் படிமப் பாறைகளின் துளைத்தன்மை பெட்ரோலிய எண்ணெய் படிவதில் மிக முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது. மிக நுண்ணியத் துகள் கொண்ட பாறைகளில் துளைத்தன்மை 1–5 விழுக்காடுகளும், கரட்டுத்துகள்கள் கொண்ட பாறைகளில் துளைத்தன்மை 20–40 விழுக்காடுகளும் கொண்டுள்ளன. 20 விழுக்காடு துளைத்தன்மை கொண்ட ஒரு படிமப்பாறை ஒரு ஏக்கர் அடிக்கு (acre foot) 8700 கனஅடி அளவு எண்ணெய் கொண்டிருக்கலாம் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. USA–வின் கலிஃபோர்னியாவில் உள்ள எண்ணெய்க் களங்கள்

டையடங்களால் உருவான படிமப்பாறைகளோடும், ஈராக், ஈரான் நாடுகளின் எண்ணெய்க் களங்கள் ஃபொராமினிஃபெரா சுண்ணாம்புக்கல் படிமப்பாறைகளோடும் தொடர்பு கொண்டுள்ளன.

மிக அதிக ஆழத்தில், சில சமயங்களில் பல ஆயிரம் அடிகளுக்குக் கீழே, சாய்வாகவும், மடிந்து காணப்படும் பாறை அடுக்குகளில் எண்ணெய் பொதுவாகக் காணப்படுகிறது. எண்ணெய்ப் படிமங்களின் மேல் எரிவளி (gas) தொப்பிபோன்று காணப்படுகிறது, அதாவது, எண்ணெய்ப் படுகையின் செங்குத்து முடியில் (anticlinal crest). எனவே, இத்தகைய அமைப்பில் ஒரு எண்ணெய்க் கிணறு துளையிடப்படும் போது செங்குத்து முடியிலிருந்து முதலில் வளி வெளியேறுகிறது; இதனைத் தொடர்ந்து எண்ணெய் வெளியேறுகிறது.

**இ. பெட்ரோலிய எண்ணெய்யின் தன்மை:**

பெட்ரோலிய எண்ணெய், முன்னமே குறிப்பிட்டபடி, ஹைட்ராகார்பன்களின் கலவையாகும்; இவை தொல்லுயிர் கரிமப்பொருட்களிலிருந்து பெறப்பட்டவையாகும். எனினும், இந்த ஹைட்ரோகார்பன்கள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன என்பது தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஹைட்ரோகார்பன்களின் இயல்பு எந்த தொல்லுயிரிகளிலிருந்து இவை பெறப்பட்டது என்பதைப் பொறுத்தது. பெட்ரோலிய எண்ணெய் உற்பத்திற்குத் தேவையான ஹைட்ரோகார்பன்களின் தோற்றம் (origin) பல புவிவேதிய, புவியியல் நிகழ்வுகளைச் சார்ந்துள்ளது. ஹைட்ரோகார்பன்களை உருவாக்கும் மூலப்பொருள் பற்றிய கருத்துரு கடந்த சில ஆண்டுகளில் பல மாற்றங்களை பெற்றுள்ளது. முன்பு பெரிய விலங்குகளிலிருந்து இந்த ஹைட்ரோகார்பன்கள் உண்டாக்கப்பட்டன என்று கருதப்பட்டது. தற்போது அனைவரும் ஏற்றுக்கொள்ளக்கூடிய கருத்துரு என்னவெனில், நுண்ணிய மிதவை தாவரங்களும், பிராணிகளும் தான் ஹைட்ரோகார்பன்களின் முக்கிய மூலப்பொருட்கள் ஆகும். இவற்றைத்தவிர கொழுப்புப் பொருட்கள் அதிகமாகக் காணப்பட்ட நிலத்தாவரங்களும் ஹைட்ரோகார்பன்களின் மூலப்பொருட்களாகத் திகழ்ந்துள்ளன.

பெட்ரோலிய எண்ணெய் உற்பத்தி ஐந்து முக்கியக் காரணிகளின் அடிப்படையில் நடைபெறும் செயலாகும்: மொத்த கரிமப்பொருள், புவியியல் காலம், வெப்பநிலை, மூலப்பொருளின் வேதியமைப்பு, உயிர்வழி தோன்றும் ஆக்சிஜன் ஏற்ற நிகழ்வின் அளவு. உண்டாக்கப்பட்ட பெட்ரோலியத்தின் அளவும், பண்பும் ஒரு படிமத்தில் உள்ள கரிமப்பொருளின் அளவினையும் பண்பினையும் நேரடியாகச் சார்ந்துள்ளன; அதேபோன்று அவை எந்த அளவுக்கு வெப்பமாற்றங்களுக்கு உட்படுகின்றன என்பதையும் நேரடியாகச் சார்ந்துள்ளன. படிமங்களில் காணப்படும் கரிமப்பொருட்களின் நிலம்சார் மற்றும் கடல்சார் மூலப்பொருட்கள் பின்வருமாறு: (i) நேரடி மூலப்பொருட்கள்: நிலவாழ்த்தாவரங்களின் இலைகள், தண்டுகள், வித்துக்கள், மகரந்தங்கள், கட்டைத்துண்டுகள்; கனிமக்கரி (ஃபூசைன், மைக்ரினைட்); பிசின்கள், நன்னீர்வாழ் மிதப்புப்பாசிகள். (ii) கடல்வழி மூலப்பொருட்கள்: தாவர மிதப்புயிரிகள் (Phytoplanktons), நீர்அடி உயிரிகளான என பாக்டீரியங்கள் பாசிகள், பூஞ்சைகள். (iii) மாற்றுருவாக்கப்பட்ட விளைபொருட்கள் (modified products)– சாப்ரோபென் (Sapropen). இவற்றில் பருத்த, ஓரளவுக்குத் திரண்ட தொகுப்புப் பொருட்கள், மிகவும் நுண்ணிய விதத்தில் விரவியுள்ள கரிமப்பொருட்கள், கொழுப்புச் சத்துள்ள, ஒளிபுகக்கூடிய, எளிதில் உடையக்கூடிய, ஆம்பர் பொருட்கள், எளிதில் சிதையாத மந்தத்தன்மையுடைய மாற்றுரு பெற்ற குயூட்டிகிள் எச்சங்கள் போன்றவை அடங்குகின்றன. மேலே கூறப்பட்ட அனைத்துக் கரிமப்பொருட்களும் கெரோஜென் (Kerogen) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. இச்சொல்லை உருவாக்கிய கிரம்–பிரௌன் (Crum-Brown 1912) என்பவரின் கூற்றுப்படி, கெரோஜென் பின்வருமாறு வரையறுக்கப்படுகிறது: வாலை வடித்தல் (distillation) மூலம் எண்ணெய் கொடுக்கக்கூடிய மென்பாறைகளில் காணப்படும் ஓரளவுக்குத் திடமான தார் போன்ற பொருள். பல்வேறு இயக்கவியல், வேதியியல், உயிரியல் மாறுபாடுகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்ட, திரட்டப்பட்ட, தாவரப்பொருட்களில் இருந்து முடிவுப் பொருளாகப் பெறப்படுவதுதான் கெரோஜென் ஆகும். இச்சிதைவின் மூலம் பெறப்படும் கரிமப்பொருள் சிதைவின் தகைவேகத்தைவிட மிக வேகமாக சேர்க்கையுற்றால் அவை படிமப்பொருள்களிடையே பாதுகாக்கப்படுகிறது. இத்தகைய செயல் மிகவும் வேகமாகப் படிமமாக்கம் நடைபெறும் ஏரிகள், நீர்நிலைகள்,

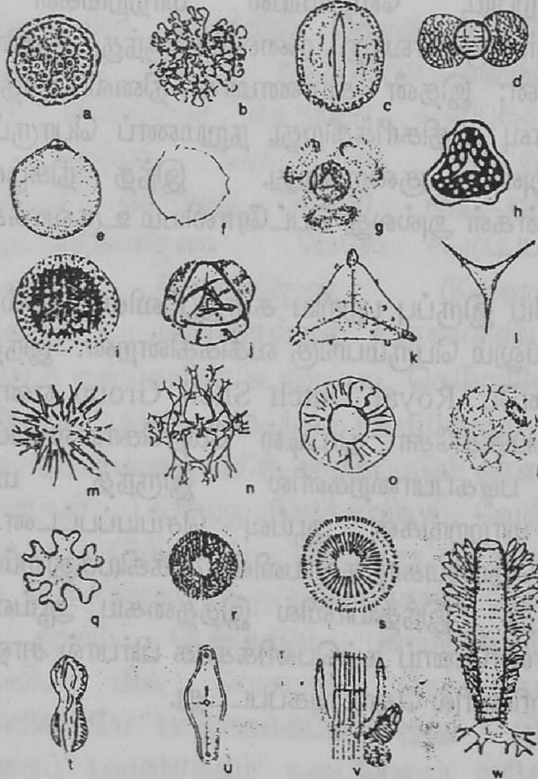
சதுப்புநிலங்கள், கடல் பகுதிகள் போன்றவற்றில் தான் காணப்படுகிறது என்பதும் இத்தகைய சூழல்களில்தான் படிமமாக்கமும் எண்ணெய் படிதலும் நடைபெறுகின்றன என்பதும் குறிப்பிடத்தக்கது.

கரிமப் பொருட்களை எண்ணெயாக மாற்றும் நிகழ்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தும் மிக முக்கியமான காரணி அக்கரிமப் பொருளின் ஹைட்ரஜன் அணுக்கள்/கார்பன் அணுக்கள் ஆகியவற்றின் தகவுதான். இந்தத் தகவு 1.2–க்கும் மேலாக உள்ள கரிமப்பொருள் அதிக பெட்ரோலியம் உண்டாக்கும் திறனைக் கொண்டுள்ளது; H/C தகவு 0.8–க்கும் குறைவாக உள்ள கரிமப்பொருள் மிகக்குறைந்த அளவே பெட்ரோலியம் உருவாக்கக் கூடியதாகும்.

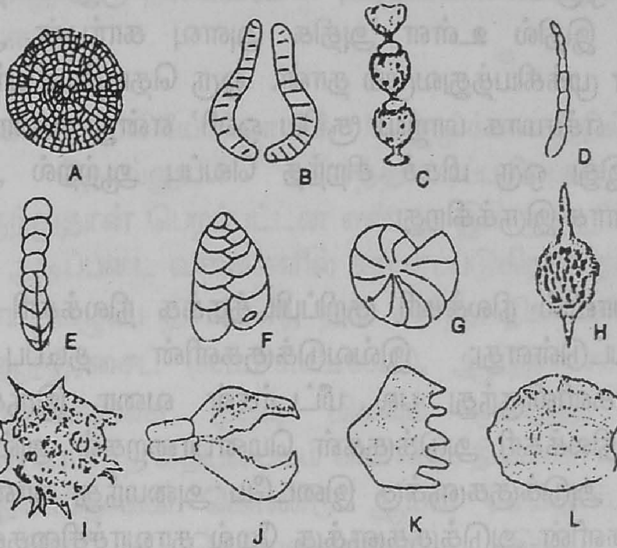
படிமமாக்கம் அடையும் கரிமப்பொருளில் ஏற்படும் வெப்பம்சார் மாறுபாடுகள் நிலக்கரியாதலும் (Coalification) கரியாதலும் (Carbonization) ஆகும். இந்நிகழ்வுகள் உயிரியல் செயல்களால் கரிமப்பொருள் சிதைவடைந்தவுடன் நடைபெறுகின்றன; இவற்றில் பல்வேறு இயற்பிய, வேதியியல் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. கரிமப்பொருட்கள் முதிர்வற்ற நிலையிலிருந்து முதிர்வுற்ற நிலைக்கு மாற்றப்படுகின்றன; இதன் காரணமாக நிலைப்படுத்தப்பட்ட கார்பன் பொருளின் அளவு அதிகரிக்கிறது, நறுமணப் பொருட்களின் (எளிதில் ஆவியாகும்) அளவு குறைகிறது. இந்த நிகழ்வின்போது நீர்ம ஹைட்ரோகார்பன்கள் அல்லது பெட்ரோலியம் உருவாக்கப்படுகிறது.

பெட்ரோலிய இருப்பு பற்றிய களஆய்வில் தொல் மகரந்தவியலும், தொல் தாவரவியலும் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன. இந்த முக்கியத்துவம் 1936–ஆம் ஆண்டே Royal Dutch Shell Group என்ற நிறுவனத்தால் உணரப்பட்டு, மெக்சிகோ நாட்டில் மேற்கொள்ளப்பட்ட பெட்ரோலிய களஆய்வில் படிகப்பாறைகளில் இருந்த மகரந்தத்தூள்கள்/ வித்துக்களின் மாற்றங்கள் ஆய்வு செய்யப்பட்டன. எண்ணெய் கண்டுபிடிப்பில் தொல்மகரந்தவியலின் முக்கியத்துவம் படம் 23.2–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தியாவில் இத்தகைய ஆய்வுகள் 1947–ஆம் ஆண்டு பர்மா எண்ணெய் கம்பெனிக்காக பிர்பால் சாஹ்னியால் அசாம் எண்ணெய் வெளிகளில் தொடங்கப்பட்டது.

பல்வேறு தொகுதிகளைச் சேர்ந்த தாவரங்கள், பிராணிகள், புரோடிஸ்ட்கள், மொனிரா போன்றவற்றின் நுண்தொல்லுயிர் எச்சங்களின் வகைகள் வெவ்வேறு புவியியல் வயதைச் சேர்ந்த எண்ணெய்–தாங்கும் படிமப்பாறைகளில் மிக அதிக அளவில் காணப்படுகின்றன. தாவர நுண்தொல்லுயிர் எச்சங்களாக மகரந்தத்தூள்கள், வித்துக்கள், பூஞ்சை இழைகள், பாக்டீரியங்கள், குயூட்டிகிள்கள், வாஸ்குல அங்கங்கள், பாசிகள் (குறிப்பாக டெஸ்மிடுகளும், டயடம்களும்) போன்றவை காணப்படுகின்றன. விலங்கு நுண்தொல்லுயிர் எச்சங்களாக பொராமினிஃபெரா, நுண்ஃபொராமினிஃபெரா, ஆஸ்டிரகாடுகள், டிஸ்கோஸ்டர்கள், கைட்டினோஜோவா, ரேடியோலேரியா, ஸ்கோலிகோடோன்ட்கள், ஓடோலித்கள் போன்றவை அடங்கும். இவை இரண்டிலும் சேராத நுண்ணுயிர் தொல்லுயிர் எச்சங்களில் குறிப்பிடத்தக்கவை கோக்கோலித்தோஃபோரிடுகள், டைனோஃபிளஜெல்லேட்டுகள், சிலிகோஃபிளஜெல்லேட்டுகள், ஹிஸ்டிரிகோஸ்ஃபீரிடுகள் போன்றவையாகும் (படங்கள் 222, 223).



படம் 222: பெட்ரோலிய எண்ணெய் படிமப் பாறைகளிலிருந்து பெறப்பட்ட நுண்தொல்லுயிர் எச்சங்களில் ஒருசில. பட உதவி: Agashe




படம் 223: பெட்ரோலிய எண்ணெய் படிமப் பாறைகளிலிருந்து பெறப்பட்ட நுண் தொல்லுயிர் எச்சங்களில் ஒரு சில. பட உதவி: Agashe

## 2. நிலக்கரி

### அ. முன்னுரை

தொல்லுயிர் எச்ச எரிபொருட்களில் மற்றொரு முக்கிய எரிபொருள் நிலக்கரி ஆகும். பெட்ரோலியத்திற்கு அடுத்து முக்கியத்துவம் பெற்றுள்ள இந்த எரிபொருளும் பல மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் இப்புவியில் வாழ்ந்த உயிரிகளின் சிதைவால் ஏற்பட்ட பொருளாகும். பெட்ரோலியத்தைப் போன்று அல்லாமல் நிலக்கரி முழுக்க முழுக்க தாவர விளைவுப் பொருளாகும். கரியாக்கப்பட்ட தொல்லுயிர் எச்சத் தாவரப்பொருட்களின் தொகுப்புதான் நிலக்கரியாகும். நிலக்கரியைப் பல்வேறு துறையைச் சேர்ந்த அறிவியல் அறிஞர்கள் பலவாறு வரையறை செய்துள்ளனர். தொல்தாவரவியல் அறிஞர்கள் நிலக்கரியை அழுந்தியம் வகை தொல்லுயிர் எச்சமாகக் கருதுகின்றனர்; இதில் பல மில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு வாழ்ந்த தாவரங்களின் கரிம எச்சங்கள் ஒரு மாற்றப்பட்ட, அழுத்தமடைந்த நிலையில் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன. படிமவியல் அறிஞர்கள் நிலக்கரியை ஒருவகை கரிம படிமப்பாறையாக வரையறுக்கின்றனர்; இத்தகைய பாறைகள் தாவரச்சிதைவுப் பொருட்களோடு பல்வேறு கனிமங்களும் சேர்ந்து படிமமடைவதால்

தோன்றுவதாக அவர்கள் கருதுகின்றனர். சுரங்கவியல் அறிஞர்கள் நிலக்கரியை ஒருவகை 'கருப்பு வைரமாக' கருதுகின்றனர்; இதற்குக் காரணங்கள் இதில் உள்ள அதிக அளவு கார்பன் அளவும் இதன் பொருளாதார முக்கியத்துவமும் தான். ஒரு தொழிலதிபர் நிலக்கரியைத் 'தொல்லுயிர் எச்சமாக மாறிய சூரிய ஒளி' என்று வரையறுக்கின்றனர்; ஏனெனில் இது ஒரு மிகச் சிறந்த வெப்ப ஆற்றல் அளிக்கக்கூடிய மூலப்பொருளாக இருக்கிறது.

இந்தியாவில் நிலக்கரி குறிப்பிடத்தக்க நிலக்கரி அடுக்குகளாக பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளது; இவ்வடுக்குகளின் தடிப்பு ஒரு சில சென்டிமீட்டர்களிலிருந்து பல மீட்டர்கள் வரை இருக்கலாம். பல இடங்களில் நிலக்கரி அடுக்குகள் மென்பாறைகள் அல்லது மணல்கல் பாறைகளின் அடுக்குகளுக்கு இடையே அமைந்து காணப்படுகின்றன. படிமப்பாறைகளின் அடுக்குகளுக்கு மேல் தாவரச்சிதைவுப் பொருட்கள் வெவ்வேறு தடிப்புகளுக்குப் படிந்து அவற்றின் மேல் படிமப்பாறைகள் படிவதால் மேற்கூறிய வகையில் நிலக்கரி உண்டாகிறது; படிமச் சேர்க்கையின் காரணமாக மிக அதிக அளவு அழுத்ததிற்கு அவை உட்படுத்தப்படுகின்றன. இதன் காரணமாக பல்வேறு மாற்றங்களுக்கு (இயற்பிய, வேதிய) அவை உட்படுத்தப்படுகின்றன. அழுத்தத்தைத் தவிர உள்ளார்ந்த வெப்பமும் அதிக அளவில் ஏற்பட்டு கரிமப்பொருட்கள் கரியாக மாறி நிலக்கரி அடுக்காக உருப்பெறுகிறது. நிலக்கரி அடுக்குகள் உருவாக்கம் மிக நெருக்கமான காடுகளுக்கு அருகிலோ அல்லது வேறு இடங்களிலோ நடைபெறுகிறது. இரண்டாவதாகக் குறிப்பிட்ட இடம் பொதுவாக மிகவும் செயல்திறன் கொண்ட படிமமாக்கப் பகுதிகளாக இருக்கின்றன. புவியியல் அறிஞர்கள் தாழி போன்ற பல பாறைப் பள்ளங்களைப் படிமமாக்கக் களங்களாகக் குறிப்பிட்டுள்ளனர். இந்தப் பள்ளங்களை வேறு இடங்களிலிருந்து இடப்பெயர்வடையும் தாவரச் சிதைவுப் பொருட்களை ஏற்கும் ஏற்பிகளாக (சேமிப்புத் தளங்களாக) கருதுகின்றனர். வேறு இடங்களிலிருந்து தாவரச் சிதைவுப் பொருட்களை இடப்பெயர்வு செய்யும் முக்கிய முகவியாக ஆறுகள் செயல்படுகின்றன. இதன் காரணமாகத்தான் இந்தியாவின் பெரும்பாலான நிலக்கரிப் படுகைகள் ஆற்றுச் சமவெளிப் பகுதிகளில் அமைந்துள்ளன. மிக அதிக மழைப் பொழிவு காணப்பட்ட இடங்களில் அல்லது அதிக ஈரப்பதனும், வெப்பநிலையும் நிலவிய மழைப்பருவத்தைக் கொண்ட கடலோரப் பகுதிகளில் நிலக்கரிகள் உண்டாகின்றன என்று

பொதுவாகக் கருதப்படுகிறது. எனினும் மிக அதிகமான குளிர்ப்பகுதிகளிலும் நிலக்கரிப் படிமங்கள் தோன்றியதற்கான சான்றுகள் உள்ளன.

இந்தியாவில் பேலியோஜோயிக் பேரூழிக்காலத்தில் பெறப்பட்ட பெரும்பாலான தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரப்பதிவுகள் நிலக்கரிப் படுகைகளிலிருந்துதான் பெறப்பட்டன என்பது இங்கு குறிப்பிடத்தக்கது. நிலக்கரி ஐந்து அடிப்படை வகைகளில் காணப்படுகிறது: தாவரச் சக்கை (peat), லிக்னைட் (பழுப்பு நிலக்கரி), தார் சார்ந்த நிலக்கரி (bituminous coal), பகுதி–ஆந்த்ரசைட் (semi-anthracite), ஆந்த்ரசைட் (anthracite). இவற்றில் தாவரச்சக்கை (peat) மிகவும் குறைந்த மதிப்பையும், ஆந்த்ரசைட் மிக உயர்ந்த மதிப்பையும் கொண்ட நிலக்கரி வகைகளாகும். நிலக்கரியை நுண்நோக்கி கொண்டு ஆய்வு செய்தால், அதில் பல நுண்கூறுகள் இருப்பது தெரியவருகிறது. இந்த நுண்கூறுகள் 'மாசரல்கள்' (macerals) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. மாசரல்கள் தான் நிலக்கரியின் அடிப்படை நுண்கூறுகள் ஆகும். இவைதான் நிலக்கரியின் இயற்பிய, வேதியிய பண்புகளை நிர்ணயம் செய்கின்றன. விட்ரினைட் (vitrinite), லிப்டினைட் (liptinite), இனர்டினைட் (inertinite) ஆகிய மூன்று வகை மாசரல்கள் நிலக்கரியில் காணப்படுகின்றன.

USA, UK, ஐரோப்பா ஆகிய பகுதியில் மிகப் பரவலாக அமைந்த நிலக்கரிப்படிமங்கள் கார்பானிஃபெரஸ் காலத்தைச் சார்ந்தவைகளாக உள்ளன. கார்பானிஃபெரஸ் என்ற பெயரே நிலக்கரியின் அடிப்டையில் கொடுக்கப்பட்ட பெயராகும். கார்பானிஃபெரஸ் காலம் 'நிலக்கரி காலம்' என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. கோண்ட்வானா கண்டப் பகுதிகள் பெற்ற உலகநாடுகளில் நிலக்கரி பெர்மோ–கார்பானிஃபெரஸ் காலத்தில் காணப்படுகிறது. கார்பானிஃபெரஸ், பெர்மியன் காலங்களின் நிலக்கரிதான் மிக அதிக அளவில் கிடைக்க கூடியதாலும், நல்ல பண்புகள் வாய்ந்ததாகவும் உள்ளது. USA, UK, ஐரோப்பிய நாடுகளிலும் கார்பானிஃபெரஸ் காலத்தில் தான் மிக முக்கியமான தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத் தொகுதிகள் காணப்படுகின்றன. இந்த நாடுகளில், முன்னமே கூறியபடி, நிலக்கரிப் பந்துகள் தான் லைகாப்சிடா, ஸ்ஃபீனாப்சிடா, டீராப்சிடா, புரோஜிம்னோஸ்பெர்மாப்சிடா, டெரிடோஸ்பெர்மாப்சிடா போன்ற தொகுதிகளின் தொல்லுயிர்

எச்சங்களை அதிக அளவில் கொண்டுள்ளன. இவற்றைத்தவிர, கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்களும் நிலக்கரிப் பந்துகளில், இந்நாடுகளில் அதிக அளவில் பெறப்பட்டுள்ளன. ஆனால் கோண்ட்வானா நாடுகளில் நிலக்கரிப் படுகைகளுடன் தொடர்புடைய பெரும்பாலான பெருதொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் (mega plant fossils) படிதல்களாகவும் (impressions), அழுந்தியங்களாகவும் (compressions) தான் காணப்படுகின்றன; கல்லாகச்சமைந்த தொல்லுயிர் எச்சங்கள் நிலக்கரி–தாங்கும் பாறைகளில் மிக அரிதாகவே இந்தியாவில் காணப்படுகின்றன.

பெருதொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களைத் தவிர, நுண்தொல்லுயிர் எச்சங்களும் நிலக்கரிப் படுகைகள் கொண்ட படிமப்பாறைகளில் மிக அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன.

## VIII. தொல்தாவரவியல் துறைக்கு இந்தியாவின் பங்களிப்பு

தொல்தாவரவியல் வரலாற்றைப் பற்றிய பகுதியில் (டேரிடோஃபைட்டா, ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள், தொல்தாவரவியல் பகுதி – Iல்) இந்தியாவில் இத்துறையின் வரலாற்று விவரங்கள் சுருக்கமாக கொடுக்கப்பட்டன. இந்தியாவில் மேற்கொள்ளப்பட்ட பெரும்பாலான ஆய்வுகள் கோன்ட்வானா தொல்லுயிர் தாவரத்தொகுப்பு பற்றியும், டெர்ஷியரி தாவரத்தொகுப்பும் பற்றியும் தான் இருப்பதால் இவை இரண்டையும் பற்றிய விவரங்கள் இங்கு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

### 1. கோன்ட்வான தாவரத்தொகுப்பு

#### அ. முன்னுரை

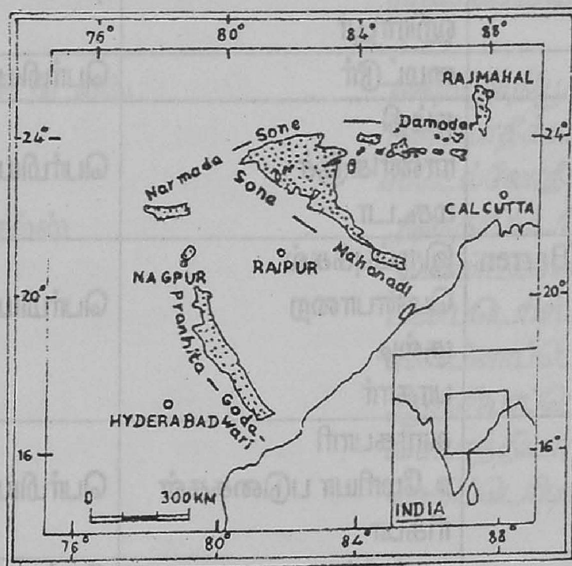
கோன்ட்வானா என்ற பெயரை H.B. மெட்லிகோட் (H.B. Medlicott) 1872–ஆம் ஆண்டு சூட்டினார்; மைய இந்தியாவில் வாழ்ந்துவரும் கோன்ட் என்ற திராவிட பழங்குடியினர் பெயரின் அடிப்படையில் இப்பயெரை அவர் சூட்டினார். கோன்ட்வானா ஒருங்கு பற்றிய விவரங்கள் ஃபெயிஸ்ட்மான்டெல் (Feistmantel) என்பவரால் 1876–ஆம் ஆண்டு பிரசுரிக்கப்பட்டன. கோன்ட்வானா பகுதியில் கண்ட பாறைகளும் (continental rocks) நிலக்கரிப்படுகைகளும், தொல்லுயிர் எச்சங்களும் காணப்படுகின்றன என்று அவர் எடுத்துக்காட்டினார். இந்தியாவின் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத் தொகுப்புகளை மிகவும் கவனமாக ஆய்வு செய்தால், அவற்றில் கோன்ட்வானா தாவரத்தொகுப்புதான் மிகவும் வளமானது, அதிக வேறுபாட்டுத்தன்மை கொண்டது, நன்கு ஆய்வு செய்யப்பட்டது என்பது தெளிவாகும். தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பற்றிய இந்திய ஆய்வுக் கட்டுரைகளில் 75 விழுக்காடு கட்டுரைகள் கோன்ட்வானா தாவரத்தொகுப்பு தொடர்பானவையாகும். முன்னமே விவரித்தபடி, இந்தியா கோன்ட்வானாலாந்து (Gondwanaland) என்ற பெருங்கண்டத்திலிருந்து துண்டிக்கப்பட்டு, மேல்நோக்கி இடப்பெயர்வு பெற்று, ஆசியக் கண்டத்துடன் மோதியபின் தான் தற்போதயை நிலையை அடைந்ததாகும். எனவே இந்தியக் கோன்ட்வானா பகுதியின் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத் தொகுப்புகளுக்கும் கோன்ட்வானா

நாடுகளான தென்அமெரிக்க, தெற்கு ஆப்ரிக்கா, மடகாஸ்கர், ஆஸ்திரேலியா, நியூசிலாந்து, அண்டார்ட்டிகா ஆகியவற்றின் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத் தொகுப்புகளுக்கும் மிகுந்த தொடர்பு உள்ளது. இந்தியக் கோண்ட்வானா காலம் ஏறத்தாழ **225** மில்லியன் ஆண்டுகள் நீடித்தது; இது மேல் கார்பானிஃபெரஸ் முதல் கீழ் கிரிடேசியஸ் வரை நீடித்தது. இந்தியாவின் மையப்பகுதியிலும் கிழக்குக் கடலோரப் பகுதியிலும் கோன்ட்வானா படிமப்பாறைகளுக்கிடையே கடல்சார் இடைச் செறுகல் படிமங்கள் உண்டானதற்கான சான்றுகள் கிடைக்கப் பெற்றுள்ளன.

## ஆ. கோன்ட்வானா படிமப்பாறையியல்

தாழியொத்த சமவெளிப்பகுதிகளில் வரிசையான ஆறு/ஏரி படிமங்கள் படியப் பெற்றதாக அமைந்ததுதான் கோன்ட்வானா என்று கருதப்படுகிறது. இந்த தாழிகள் புவியின் ஓட்டுப்பகுதியில் ஏற்பட்ட குழிப்பகுதிகள் என்பதும் இவற்றின் இருப்பக்கமும் பழைய பிளவுபட்ட ஆர்க்கியன் பாறைகள் (Archean rocks) உள்ளன என்பதும் தெளிவாக அறியப்பட்டுள்ளன. இந்தத் தாழிகளின் உள்ளே தொடர்ந்து படிமப் பொருட்கள் படிவதால், இப் பள்ளங்கள் மேலும் மேலும் குழிந்து அதிக அளவு படிமப்பொருட்களைப் பெறுகின்றன. சுற்றியமைந்துள்ள ஆர்க்கியன் பாறைகள், அரிப்பால் இப் படிமப்பாறைகள் இழக்கப்படாமல் காக்கின்றன. இந்தியக் கோன்ட்வானா படிமங்களின் ஒட்டுமொத்த இயல்பு அவை ஆறுகளால் கொண்டு வரப்பட்டவை என்பதைச் சுட்டிக்காட்டுகின்றது என்றாலும் ஒரு சிலஇடங்களில் ஏரிகளும் இதரநீர் நிலைகளும் படிமமாக்கப் பகுதிகளாகச் செயல்பட்டுள்ளன என்பது தெரியவருகிறது. கோன்ட்வானா பாறைகளின் மற்றொரு சிறப்பு இயல்பு அவற்றின் ஒருமித்தத்தன்மை (homogeneity) தான். மணற்கல் பாறைகளும், மென்பாறைகளும் மாறிமாறி நிலக்கரி அடுக்குகளுடன் ஒருமித்த தன்மையுடன் இந்தக் கோன்ட்வானா ஒருங்கில் காணப்படுகின்றன. மணற்கல் பாறைகளும் நுண்துகள்களான அடுக்குகளையும் கரட்டுத்துகள்களான அடுக்குகளையும் மாறிமாறி பெற்றுள்ளன. இவற்றில் பெரும்பாலானவை தொல்லுயிர் எச்சங்களைப் பெற்றுள்ளன. இவை வெளிர்மஞ்சள், பழுப்பு கலந்த வெண்மை, இளஞ்சிவப்பு, மஞ்சள், பச்சை, சாம்பல் போன்ற நிறங்களைப் பெற்றுள்ளன.

கோண்ட்வானா பாறைத்தொகுப்புகள் தற்போது காணப்படும் ஆற்றுப்பள்ளத்தாக்குகளோடு பொதுவாகத் தொடர் கொண்டுள்ள, ஏறத்தாழ தனித்தனியான, கொத்துகளாக சிதறிக் காணப்படுகின்றன. தீபகற்ப இந்தியாவில் இவை மூன்று முக்கிய ஆற்றுப்பள்ளத்தாக்குகளில் பரவிக் காணப்படுகின்றன: (i) தாமோதர் பள்ளத்தாக்கு (ii) சோன்–மகாநதி பள்ளத்தாக்கு (iii) வார்தா–கோதாவரி பள்ளத்தாக்கு (படம் 224). இவற்றைத் தவிர, சிறிய அளவில் கோண்ட்வானா பாறைகள் கிழக்குக் கடலோரப்பகுதிகள், மேற்கு ராஜஸ்தான், சௌராஷ்ட்ரா, கட்ச் பகுதிகளில் காணப்படுகின்றன. தீபகற்ப இந்தியா தவிர்த்த இதர இந்தியப்பகுதியில் இவை பஞ்சாப், காஷ்மீர், சிக்கிம், பூட்டான், நேபால், அருணாசல பிரதேசம், அசாம் பகுதிகளிலும் சிதறிக் காணப்படுகின்றன.




படம் 224: தீபகற்ப இந்தியாவில் கோண்ட்வானா படிமப்பாறைகள் காணப்படும் ஆற்றுப்படுகைப் பகுதிகள். பட உதவி: Agashe

இந்தியாவின் மொத்த கோண்ட்வானா ஒருங்கின் பல்வேறு வரிசைகளும், நிலைகளும், அவற்றிற்கீடான புவியியல் காலத்துடன் அட்டவணை 8–இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 8: இந்திய கோன்ட்வானா ஒருங்கின் பல்வேறு வரிசைகளும், நிலைகளும் அவற்றிற்கு ஈடான புவியியல் வயதுகளும்

| வரிசை | நிலை | புவியியல் வயது |
|---|---|---|
| 1. ஜபல்பூர் | ஊமியா<br>ஜபல்பூர்<br>சௌகான்<br>கோட்டா | கீழ் கிரிடேசியஸ் |
| 2. ராஜ்மகால் | ராஜ்மகால்<br>பர்சோரா<br>மாலேரி | ஜூராசிக் |
| 3. மகாதேவா | பச்மாரி<br>ஹிராபூர் | டிரையாசிக் |
| 4. பஞ்செட் | மைட்டூர் | பெர்மியன் |
| 5. ராணிகஞ்ச் | கம்தி<br>ராணிகஞ்ச்<br>மகூடா | பெர்மியன் |
| 6. குல்டி (Barren Measures) | இரும்புக்கல்<br>மென்பாறை<br>குல்டி<br>பரகார் | பெர்மியன் |
| 7. பரகார் | கார்கபாரி<br>உமேரியா படுகைகள்<br>ரிக்பா | பெர்மியன் |
| 8. தால்சிர் | தால்சிர்<br>பனிப்பாறை படுகை | மேல் கார்பானிஃபெரஸ் |

## இ. கோன்ட்வானாவின் வகைப்பாடு

தொல்தாவரவியல் அடிப்படையில் கோண்ட்வானா ஒருங்கு மூன்று காலங்களாகப் பிரிக்கப்படுகின்றது: (i) கீழ்கோன்ட்வானா (ii) நடுகோன்ட்வானா (iii) மேல் கோன்ட்வானா. கீழ்கோன்ட்வானாவில் தால்சிர், ரிக்பா, கார்கபாரி, பாரண் மெஷர்ஸ், ராணிகஞ்ச் ஆகிய நிலைகள் அடங்கியுள்ளன. மேல்கார்பானிஃபெரஸ்

ஊழிக்காலத்திலிருந்து பெர்மியன் வரை நீடித்தது. ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள் மேலோங்கி காணப்பட்டன. குறிப்பாக, டெரிடோஸ்பெர்ம் உறுப்பினர்கள் அதிகமாகக் காணப்பட்டன. இவற்றிலும் மிகவும் மேலோங்கி காணப்பட்டது *கிளாசாப்டெரிஸ்* ஆகும்; இது பலசிற்றினங்களைக் கொண்டிருந்தது. (இலை, கனிஉறுப்புகள், தண்டு–வேர் அச்சுகள் போன்ற உருவச் சிற்றினங்கள்). இவற்றோடு காணப்பட்ட இதர தொல்லுயிர் எச்சங்கள் பின்வருமாறு..

டெரிடோஃபைட்கள்

| | | |
|---|---|---|
| லைக்கோபோடுகள் | .. | *சைக்ளோடெண்ட்ரான்* |
| ஸ்ஃபீனோஃபில்லேல்ஸ் | .. | *ஸ்ஃபீனோஃபில்லம், ராணிகஞ்சியா, ரைனஜகியா.* |
| ஈக்குவிசீட்டேல்ஸ் | .. | *ஷைஜோநியூரா, பில்லோதீக்கா, ஸ்டெல்லோதீகா.* |
| ஃபிலிகேல்ஸ் | .. | *அலிதாப்டெரிஸ், கோன்ட்வானிடியம், பிகாப்டெரிஸ், ஸ்ஃபீனாப்டெரிஸ், ஆஞ்சியாப்டெரிடியம், சையாத்தியா, கேலிப்டெரிடியம்* போன்றவை. |

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள்

| | | |
|---|---|---|
| கிளாசாப்டெரிடேல்ஸ் | .. | *கிளாசாப்டெரிஸ், கங்கமாப்டெரிஸ், ருபிட்ஜியா, டீனியாப்டெரிஸ், மேக்ரோடீனியாப்டெரிஸ், வெர்ட்டபிரேரியா, சிஸ்டெல்லா, டிக்டியோடெரிடியம், கிளாசோதீக்கா* போன்றவை. |

| | | |
|---|---|---|
| சைகடேல்ஸ் | .. | *சூடோக்டெனிஸ்* |
| கார்டைட்டேல்ஸ் | .. | *நோஎக்கரதியாப்சிஸ், யூரிஃபில்லம், கார்டைகார்பஸ், சமாராப்சிஸ்* போன்றவை. |
| ஜிங்கோவேல்ஸ் | .. | *ஜிங்கோஃபைட்டான், சிக்மோஃபில்லம்* |
| கோனிஃபரேல்ஸ் | .. | *பூரியாடியா, வால்கோமியெல்லா, பாரகாரியா, மொரானோ–கிடைஸ், இண்டோசைலான், டாடோசைலான், மெகாபோரோசைலான், புரோட்டோடேக்சோபிடிஸ், ஆரக்கேரியோசைலான், அகாதோசைலான், புரோட்டோடேக்சோசைலான்* போன்றவை. |

நடுகோன்ட்வானாவில் பஞ்செட், மகாதேவா (அல்லது பச்மாரி), பர்சோரா, மலேரி, கமிதி போன்ற நிலைகள் அடங்கியுள்ளன. இது டிரையாசிக் காலத்தில் காணப்பட்டது. இதில் *டைக்ராய்டியம்* தாவரத்தொகுப்பு மேலோங்கி காணப்பட்டது. *கிளாசாப்டெரிஸின்* ஓங்கியநிலை குறையத் தொடங்கியது. நடு கோன்ட்வானா மிகவும் பிரிக்கப்பட்ட இடங்களான தெற்கு ரேவாவிலும், ஆந்திராவின் அடிலாபாத் மாவட்டத்திலும் காணப்பட்டது. மேல், கீழ் கோன்ட்வானாவின் ஒரு சில சிற்றினங்களை நடுகோனட்வானா பெற்றிருந்தது. இவற்றில் முக்கியமானவை *கிளாசாப்டெரிஸ், வெர்டபிரேரியா, ஷைஜோநியூரா, பிகாப்டெரிஸ், சைக்ளோப்டெரிஸ், ஸ்ஃபீனாப்டெரிஸ், கிளாடோஃபிளிபிஸ்* போன்றவையாகும்.

மேல்கோன்ட்வானாவில் ராஜ்மகால், கோட்டா, ஜபல்பூர், ஊமியா ஆகிய நிலைகள் அடங்கியுள்ளன. இது ஜூராசிக் முதல் கீழ்

கிரிடேசியஸ் காலம் வரை நீடித்தது. இவற்றில் ராஜ்மகால் மலை தாவரத்தொகுப்பு மிகவும் முக்கியமானது; நன்கு ஆய்வு செய்யப்பட்ட ஒன்று. மேல் கோன்ட்வானாவின் முக்கியத் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்கள் பின்வருமாறு:

கோனிஃபரேல்ஸ்

| | | |
|---|---|---|
| போடோகார்பேசி | .. | *போடோஸ்போரைட்டஸ், போடோஸ்ட்ரோபஸ்* |
| ஆரக்கேரியேசி | .. | டாடோசைலான், பிராக்கிஃபில்லம், பேஜியோஃபில்லம், ஆரக்கேரைட்டஸ் |

டேக்சேல்ஸ்

| | | |
|---|---|---|
| டேக்சேசி | .. | *டேக்சேசியோசைலான், டொர்ரீயைட்டிஸ், டேக்சோசைலான், டேக்சைட்டஸ்* |
| பெண்டோசைலேசி | .. | *பெண்டோசைலான், நிபானியோஃபில்லம், சானிபுஷ்பம், கார்னோகோனைட்டஸ்* |

ஜிங்கோவேல்ஸ் .. *ஜிங்கோ, ஜிங்கோய்டஸ்*

பென்னிடைட்டேல்ஸ்

| | | |
|---|---|---|
| வில்லியம்சோனியேசி | .. | *புக்லேண்டியா, சானியோசைலான் (= ஹேமோசைலான்), வில்லியம்சோனியா,வெல்டிரிக்கியா, டிலோஃபில்லம், ஜாமைட்டஸ், டிக்டியோஜாமைட்டஸ், டீரோஃபில்லம்* |

சைகடேல்ஸ்

சைகடேசி .. *சீவார்டியோசைலான், நில்சோனியா, டீனியாப்டெரிஸ்*

டெரிடோபைட்கள் .. *மராட்டியேசி, மடோனியேசி, ஆஸ்மண்டேசி (= டிப்டெரிடு பெரணிகள்), ஷைசேயேசி, கிளைக்கீனியேசி, பாலிபோடியேசி* உறுப்பினர்கள்.

**2. டெர்ஷியரி தாவரத்தொகுப்பு**

இந்தியாவில் நன்கு ஆய்வு செய்யப்பட்ட மற்றொரு தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத் தொகுப்பு டெர்ஷியரி தாவரத்தொகுப்பு ஆகும். மிகவும் வேறுபட்ட இந்த தாவரத் தொகுப்பில் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்கள் ஒரு முக்கியக்கூறாக அமைகின்றன. இவற்றில் பல தற்கால ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம்களைப் பெரிதும் ஒத்துள்ளன.

இந்தியாவின் டெர்ஷியரி பாறைப்படிமங்களை அவற்றின் புவியியல் பரவலின் அடிப்படையில் இரண்டு பெரிய தொகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்.. தீபகற்ப படிமங்கள், தீபகற்ப பகுதியில் இல்லாத படிமங்கள். தீபகற்பப் பகுதியில் ஏறத்தாழ 520,000 சதுர கிலோமீட்டர் பரப்பு டெக்கான் படிகளால் (deccan traps) ஆக்ரமிக்கப்பட்டுள்ளன; படிகளுக்கிடையே அமைந்த படிமப்பாறைப் படுகைகளில் டெர்ஷியரி தாவரத்தொகுப்பு காணப்படுகிறது. இத்தகைய படுகைகள் ஆந்திரப்பிரதேசத்தின் ராஜமுந்திரிப் பகுதியிலும், மகாராஷ்ட்ராவின் நாக்பூர், வார்தா மாவட்டங்களிலும், மத்தியப்பிரதேசத்தின் மண்ட்லா, சிண்ட்வாரா மாவட்டங்களிலும் காணப்படுகின்றன. மேற்கூறிய இடங்களில் வார்தா, சிண்ட்வாரா, நாக்பூர் படுகைகள் மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. இவற்றில் பெரும்பாலான தாவரத் தொகுதிகளின் தொல்லுயிர் எச்சங்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றிற்கு மாறாக ராஜமுந்திரி பகுதியில் கடல்வாழ் பாசிகள், கேரோஃபைட்கள் போன்றவற்றின் தொல்லுயிர் எச்சங்களும், மண்ட்லா பகுதியில் ஆஞ்சியோஸ்பெர்ம் தொல்லுயிர் எச்சங்களும் மட்டும் காணப்படுகின்றன. மேற்கூறிய பகுதிகளைத் தவிர தீபகற்ப இந்தியாவில் டெர்ஷியரி பாறைகள் காணப்படும் இடங்கள் தமிழ்நாட்டின் கடலூர் மணற்கல் பாறை வரிசைகள், கத்தியவார், கட்ச், கேரளா கடற்கரை போன்றவையாகும். தீபகற்ப பகுதியைத் தவிர்த்த டெர்ஷியரி

பாறைகள் காணப்படும் வேறுபகுதிகள் இமாலய மலையின் அடிப்பகுதி, வடகிழக்கு இமாலயா போன்றவையாகும்.

டெக்கான் படியிடை படிமப்பாறைகளில் இந்தத் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரத்தொகுதி பெரும்பாலும் காணப்படுவதால் இது டெக்கான் படியிடைத் தாவரத்தொகுதி எனப்படுகிறது. படியிடை படிமங்களின் தடிப்பு 1 முதல் 3 மீட்டர் ஆகும்; இவற்றின் பக்கவாட்டு நீட்டம் 5 முதல் 7 கிலோ மீட்டர் ஆகும். தாவரத் தொல்லுயிர் எச்சங்களைத் தவிர இவற்றில் மிக அதிகமாக விலங்குகளின் தொல்லுயிர் எச்சங்களும் காணப்படுகின்றன.

டெக்கான் படியிடைத் தொல்லுயிர் எச்சத்தாவரங்களில் மிக முக்கியமானவை அடியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன:

இலைகள்

*லேகர்ஸ்ட்ரோமியா இண்டிகா, பால்மோஃபில்லம் தக்ஷினென்சி, ஃபிளகோர்ஷியா இன்டர்டிராப்பியம், ஏரோஃபில்லைட்டஸ் இன்டர்டிராப்பியம்*

இலைக்காம்புகள்

*பாமோகாலான் காஸ்டபாமேட்டம், பா. மகாபலிஜ, பா. ராவை.*

பூக்கள்

*சித்லேபுஷ்பம் மோகோவென்சி, சாஹ்னியாந்தஸ் பாரிஜாய், சாஹ்னிபுஷ்பம் இண்டர்டிராப்பியா, ராவோனேந்தஸ் இண்டர்டிராப்பியா*

மஞ்சரிகள்

*சுக்லாந்தஸ் சுபெர்பம், பாமோஸ்ட்ரோபஸ் சிற்றினங்கள்*

கனிகள்

*எனிக்மோகார்பம் பாரிஜாய், வீரகார்பான் ஹெறக்சஸ்பெர்மம், இண்டோகார்பான் இண்டர்டிராப்பியா, ஹாரிசோகார்பான்*

*சாஹ்னிஜ, மூசா கார்டியோஸ்பெர்மா, பாமோகார்பான் இண்டிகம், நைபா சிற்றினம், நிபாடைட்டஸ் சிற்றினங்கள், டிரைகாக்கைட்டஸ் டிரைகோனம், ஸ்பர்கானியம் சிற்றினம்* போன்றவை.

ஒருவிதையிலைத்தாவரக் கட்டைகள்

*பல பாமோசைலான் சிற்றினங்கள்*

ஒருவிதையிலைத்தாவர வேர்கள்

*ரைஜோபமோசைலான் இண்டிகம், ரை. அம்லாய்*

இரட்டைவிதையிலைத் தாவரக் கட்டைகள்

*பாராஃபில்லாந்தோசைலான் சாஹ்னிஜ, அனகார்டியோசைலான் செமிகார்பியாய்டஸ், ஷோரியோசைலான் மகூர்ஜாரிஜ, பாரிங்டோனியோசைலான் டெக்கானென்சி, கிரிவியோசைலான் இண்டிகம், அரிஸ்டலோகியோசைலான் பிரகாஷிஜ, சானரேஷியோசைலான் சிற்றினம், கார்சினியோசைலான் டெர்ஷியேரம், ஸ்டெர்குலியோசைலான் ஷாபூரென்சிஸ், அடலாண்ஷியோசைலான் இண்டிகம், லியோசைலான் மல்டிசீரியயேட்டம்* போன்றவை

ஜிம்னோஸ்பெர்ம்கள்

*ஆரக்கேரியோசைலான் மோகோவென்சி, ஹாரிசோஸ்ட்ரோபஸ் இண்டர்டிராப்பியா, மோகோவோஸ்ட்ரோபஸ் சாஹ்னிஜ* போன்றவை.

டெரிடோஃபைட்கள்

*அசோலா இண்டிகா, அ. இண்டர்டிராப்பியா, அ. டெக்கானியானா, சால்வினியா இண்டர்டிராப்பியா, சா. டெக்கானியானா, மார்சீலியா இண்டர்டிராப்பியா, ரோடைட்டஸ் தக்ஷனி, ரோ. பாலிகார்பா, லைகோபோடோஸ்ட்ரோபஸ் இண்டர்டிராப்பியா, செலாஜினெல்லைட்டஸ் இண்டிகஸ்* போன்றவை.

## மேற்கோள் காட்டப்பட்டுள்ள நூல்களும், கட்டுரைகளும்


1. Agashe, S.N. 1980. Paleobotanical studies of fossil fuels with particular reference to coal in India. In: Nagaraj, M. and Malik, C.P. (Eds.) **Current Trends in Botanical Research**. Kalyani Publishers, New Delhi. pp.279-313.

2. Agashe, S.N. 1995. **Paleobotany**. Oxford & IBH publishing Co., Pvt. Ltd., New Delhi.

3. Agashe, S.N., Geetha, K.R. and Suresh, F.C. 1979. Palaeobotanical studies of Lower Gondwana Strata with particular reference to coal-bearing beds in Chandrapur District, Maharashtra, India. Geophytology 9:124-131.

4. Andrews, H.N. Jr. 1947. **Ancient Plants and the World they lived in**. Constock & Co., Ithaca.

5. Andrews, H.N. 1961. **Studies in Palaeobotany**. John Wiley & Sons. New York.

6. Arnold, C.A. 1947. **An Introduction to Palaeobotany**. McGraw-Hill, New York.

7. Atkinson, L.R. and Stokey, A.G. 1964. Comparative morphology of the gametophytes of the homosporous ferns. Phytomorphology **14**:51-70.

8. Beck, C.B. 1960. Connection between *Archaeopteris* and *Callixylon*. Science **131**: 1524-1525.

9. Beck, C.B. 1962. Reconstructions of *Archaeopteris* and further consideration of its phylogenetic position. Am.J. Bot. **49**: 373-382.

10. Bell, P.R. 1959. The experimental investigation of the pteridophyte life cycle. J. Linn. Soc. London (Bot.) **56**: 188-203.

11. Bell, P.R. 1963. The cytochemical and ultrastructural peculiarities of the fern egg. J. Linn. Soc. London (Bot.) **58**: 353-359.

12. Bharadwaj, D.C. 1988. Palynological correlation of Lower Gondwana Coal seams. Palaeobotanist **36**:118-112.

13. Bierhorst, D.W. 1971. **Morphology of Vascular Plants**. Macmillan, New York.

14. Biswas, C. and Johri, B.M. 1997. **The Gymnosperms**. Narosa, New Delhi.

15. Biswas, C. and Johri, B.M. 2001. Reproductive Biology of Gymnosperms. **In:** Johri, B.M. and Srivastava, P.S. **Reproductive Biology of Plants.** Narosa Publishing House, New Delhi, pp.215-236.

16. Bower, F.O. 1908. **The Origin of a Land Flora.** Macmillan, New York.

17. Bower, F.O. 1923, 1926, 1928. **The Ferns.**3 Vols Cambridge Univ. Press, New York.

18. Bower, F.O. 1935. **Primitive Land Plants.** Macmillan, London.

19. Bracegirdle, B. and Miles, P.M. 1971, 1973. **Atlas of Plant Structure.** vol. I. & II. Heinemann Educational Books, London.

20. Campbell, D.H. 1918. **The Structure and Development of Mosses and Ferns.** 3rd. Ed. Macmillan, New York.

21. Campbell, D.H. 1940. **The Evolution of the Land Plants (Embryophyta)** Stanford, California.

22. Chamberlain, C.J. 1935. **Gymnosperms: Structure and Evolution.** Chicago Univ. Press, Chicago.

23. Coulter, J.M. and Chamberlain, C.J. 1917. **Morphology of Gymnosperms.** 2nd. Edn. Chicago Univ. Press. Chicago.

24. Cutter, E.G. 1966. (Ed.) **Trends in Plant Morphogenesis.** Longman, Green & Co., London.

25. Delevoryas, T. 1962. **Morphology and Evolution of Fossil plants.** Holt, Reinhart and Winstons, New York.

26. Devi, Santha 1977. **Spores of Indian Ferns.** Today & Tomorrow's Publ., New Delhi.

27. Doyle, W.T. 1970. **The Biology of Higher Cryptogams.** Macmillan London.

28. Duckett, J.G. 1970. Sexual behaviour of the genus **Equisetum** subgenus **Equisetum.** Bot. J. Linn. Soc. 63. 327-352.

29. Duckett, J.G. 1975. Spermatogenesis in Pteridophytes. In: Duckett, J.G., Racey, P.A. (Eds.). **The Biology of Male Gamete.** Biol. J. Linn. Soc. **7** (supplement 1): 97-127.

30. Dyer, A.F. 1979. (Ed.). **The Experimental Biology of Ferns.** Academic Press, London.

31. Eames, A.J. **Morphology of Vascular Plants**: Lower Groups McGraw-Hill, New York.

32. Faegri, K. and Iverson, J. 1950. **Text book of Pollen Analysis**. Munsgaard, Copenhagen.

33. Florin, R. 1954. The female reproductive organs of conifers and taxads. Biol. Rev. **29**: 367-389.

34. Foster, A.S. and Gifford, E.M., Jr. 1974. Comparative Morphology of Vascular Plants. 2nd Ed. W.H. Freeman, San Francisco.

35. Friedman W.E. 1990. Double fertilization in *Ephedra*, a non-flowering seed plant: its bearing on the orgin of angiosperms. Science **247**:951-954.

36. Friedman, W.E. 1994. The evolution of embryogeny in seed plants and the developmental origin and early history of endosperm. Am. J. Bot.81:1468-1486.

37. Gifford, E.M., Jr. and Foster, A.S. 1989. **The Morphology and Evolution of Vascular Plants**. 3rd. Ed. W.H. Freeman, San Francisco.

38. Goebel, K. 1905. **Organography of Plants**. Oxford, UK.

39. Greguss, P. 1955. **Identification of Living Gymnosperms on the basis of Xylotomy**. Budapest.

40. Haupt, A.N. 1953. **Plant Morphology**. McGraw Hill, New York.

41. Hughes, N.F. 1967. **Palaeobiology of Angiosperm Origins**. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

42. Jermy, A.C., Crabbe, J.A. and Thomas, B.A. (Eds.) 1973. **The Phylogeny and classification of the Ferns**. Academic Press, London.

43. Johri, B.M., Kapil, R.N. and Rashid, A. 1969. (Eds.) **Morphology, Anatomy and Embryology of Land Plants**. Univ. of Delhi, New Delhi.

44. Kenrick, P. and Crane P.R. 1997. The Origin and early evolution of plants on land. Nature **389**:33-39.

45. Krishna Kumar 2001. Reproductive Biology of Pteridophytes. In: Johri, B.M. and Srivastava, P.S. (Eds.). **Reproductive Biology of Plants**. Narosa, New Delhi. pp.175-214.

46. Lakhanpal, R.N. 1966. The present position of Tertiary Palaeobotany in India. Palaeobotanist **14**:202-208.

47. Lele, K.M. 1976. Palaeoclimatic implications of Gondwana floras. Geophytology **6**:207-229.

48. Loyal, D.S. 1982. Some aspects of recent advances in phylogeny and life cycle of the Pteridophyta with particular reference to ferns. Aspects of Plants Sciences. **6**:31-93.

49. Maheshwari, P. and Vasil, V. 1961. **Gnetum**. Bot. Monograph 1, CSIR, New Delhi.

50. Manton, I. 1950. **Problems of Cytology and Evolution in the Pteridophyta**. Univ. Press, Cambridge.

51. McLean, R.C. and Ivimey-Cook, W.R. 1951. **Textbook of Theoretical Botany**. Vol. 1. Longmans, London.

52. Meyen, S.V. 1984. Basic features of gymnosperm systematics and phylogency as shown by the fossil record. Bot. Rev. **50**:1-11.

53. Meyen, S.V. 1987. **Fundamentals of Palaeobotany**. Chapman and Hall, London.

54. Namboodiri, K.K. and Beck, C.B. 1968. A comparative study of the primary vascular system of conifers-3. Stelar evolutlion in gymnosperms. Am.J. Bot. **55**:464-472.

55. Nayar, B.K. and Kaur, S. 1968. Spore germination in homosporous ferns. J. Palynol. **4**:1-14

56. Nayar, B.K. and Kaur, S. 1971. Gametophytes of homosporous ferns. Bot. Rev. **37**:295-396.

57. Pant, D.D. 1973. **Cycas and Cycadales**. Central Book Depot, Allahabad.

58. Parihar, N.S. 1965. **An Introduction to Embryophyta**. Vol.2. **Pteridophytes**. Central Book Depot, Allahabad.

59. Ramanujam, C.G.K. 1960. Silicified woods from the Tertiary rocks of South India. Palaeontographica **106B**:99-140.

60. Ramanujam, C.G.K. 1968. Some observations on the flora of the Cuddalore Sandstone series. Cretaceous-Tertiary formations of South India. Memoir No.2. Geological Society of India. pp.271-285.

61. Rao, A.R. 1972. The Jurassic Flora of the Rajmahal Hills. $10^{th}$ Sir Albert Charles Seward Memorial Lecture (1970). BSIP, Lucknow. pp.1-13.

62. Rashid, A. 1999. **An Introduction to Pteridophyta.** $2^{nd}$. Edn. Vikas Publishing House, New Delhi.

63. Raven, P.H., Evert, R.F. and Eichhorn, S.E. 1999. **Biology of Plants.** $6^{th}$ Edn. W.H. Freeman, San Francisco.

64. Sahni, B. 1938. Recent Advances in Indian Palaeobotany. Proc. $25^{th}$ Indian Sci. Congr. Presidential Address. Reprinted in Lucknow Univ. Studies **2**:1-100.

65. Sahni, B. 1948. The Pentoxyleae : A new group of Jurassic gymnosperms from the Rajmahal Hills, India. Bot. Gaz. **110**:47-80.

66. Savanur, R.V. and Roy, A.K. 1987. Coal resources in the Indian Gondiana. Palaeobotanist **36**: 369-377.

67. Scott, D.H. 1920, 1923. Studies in Fossil Botany. Vols. 142. Black, London.

68. Seward, A.C. 1898, 1910, 1917, 1919. Fossil Plants Vols. 1-4. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

69. Sheffield, E. and Bell, P.R. 1987. Current studies of the pteridophyte life cycle. Bot. Rev. **53**:442-490.

70. Shukla, A.C. and Misra, S.P. 1975. **Essentials of Palaeobotany.** Vikas Publ. House Pvt., Ltd., New Delhi.

71. Singh, H. 1978. **Embryology of Gymnosperms.** Central Book Depot, Allahabad.

72. Smith, G.M. 1955. **Cryptogamic Botany**. Vol.2. $2^{nd}$ Edn. McGraw-Hill, New York.

73. Sporne, K.R. 1970. **Morphology of Pteridophytes**. Hutchinson, London.

74. Stach, E. 1975. Coal Palynology. Gebruder Borntrager, Bulin Taylor, T.N. 1982. The origin of land plants: A palaeobotanical perspective. Taxon 31: 155-177.

75. Stewart, W.N. 1983. **Palaeobotany and the Evolution of Plants.** Cambridge Univ., Press. Cambridge.

76. Stone, I.G. 1962. The ontogeny of the antheridium in some leptosporangiate ferns. Austral. J. Bot. **10**:76-92.

77. Surange, K.R. et al 1974 (Eds.). **Aspects and Appraisal of Indian Palaeobotany**. Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, Lucknow.

78. Taylor, T.N. 1981. **Palebotany: An Introduction to Fossil Plant Biology**. McGraw-Hill. New York.

79. Taylor, T.N. 1982. Paleobotany: The origin of land plants: A palaeobotanical perspective. Taxon **31**:155-177.

80. Tiwari, R.S. 1991. Coal Palynology: An Applied Aspect of Paleobotany. Jour. Ind. Bot. Soc. **70**:21-33.

81. Vashishta, P.C. 1992. **Botany for Degree Students. Pteridophyta.** S. Chand & Co. Ltd., New Delhi.

82. Venkatachala, B.S. 1987. Concepts, limits and extension of the Indian Gondwana – An Introduction to the Theme. Palaeobotanist **36**:6-13.

83. Venkatachala, B.S. and Maheshwari, H.K. 1991. Palaeobotanical researches in India: Retrospect and prospect. Jour. Ind. Bot. Soc. **70**:1-12.

84. Verdoon, F. 1937 (Ed.). **Manual of Pteridology**. Martinus Nijhoff, The Hague.

85. Verma, C.P. 1964. Palynology in oil exploration. In: Nair, P.K.K. (Ed.). **Advances in Palynology,** National Botanic Gardens, Lucknow. pp.378-403.

86. Verma, S.C. and Khuller, S.P. 1966. Ontogeny of the Polypodiaceous fern antheridium with particular reference to some Adiantaceae. Phytomorphology **16**:302-314.

87. Walton, J. 1940. **An Introduction to the Study of Fossil Plants**. A & C. Black, London.

88. Wardlaw, C.W. 1955. **Embryogenesis in Plants**. Methuen, London.

89. Wardlaw, C.W. 1968. **Morphogenesis in Plants. A contemporary Study**. Methuen, London.

90. Zimmermann, W. 1930. Die Phylogenie der Pflanzen. Gustav Fischer, Jena.

91. Zimmermann, W. 1952. Main results of the "Telome Theory". Palaeobotanist. Birbal Sahni Mem.Vol.1:456-470.

92. Zimmermann, W. 1965. **Die Telometheorie.** Gustav Fischer, Jena.

